

**FITOREMEDIASI TANAMAN PAKU PAKIS (*Pteris vittata*) DENGAN  
PENAMBAHAN KARBON AKTIF ECENG GONDOK (*Eichhornia  
crassipes*) TERHADAP LIMBAH MERKURI (Hg)**



**Skripsi**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Meraih Gelar Sarjana Sains Kimia  
Jurusan Kimia Pada Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Alauddin Makassar

Oleh:

**SAIFUL AKBAR**  
NIM: 60500112068

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN  
MAKASSAR**

2017

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

**Mahasiswa yang bertanda tangan di bawah ini :**

**Nama** : Saiful Akbar  
**NIM** : 60500112068  
**Tempat/ Tgl Lahir** : Pinrang/ 12 Januari 1994  
**Jurusan** : Kimia  
**Fakultas** : Sains dan Teknologi  
**Alamat** : BTN Mangga Tiga Blok B2, No.16  
**Judul** : Fitoremediasi Tanaman Paku (*Pteris vittata*) dengan Penambahan Karbon Aktif Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Terhadap Logam Berat Merkuri (Hg)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan penuh kesadaran penuh bahwa skripsi ini benar adalah hasil karya sendiri. Jika dikemudian hari terbukti bahwa skripsi merupakan duplikat, tiruan, plagiat atau dibuat oleh orang lain, sebagian atau seluruhnya, maka skripsi dan gelar yang diperoleh karenanya batal demi hukum.

Samata-Gowa, Agustus 2017

Penyusun



**SAIFUL AKBAR**  
**NIM: 60500112068**

## PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi yang berjudul **“Fitoremediasi Tanaman Paku (*Pteris vitata*) Dengan Penambahan Karbon Aktif Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Terhadap Logam Berat Merkuri (Hg)”** yang disusun oleh **Saiful Akbar, NIM : 60500112068** mahasiswa jurusan Kimia pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, telah diuji dan dipertahankan dalam sidang munaqasyah yang diselenggarakan pada hari Jumat 11 November 2016 bertepatan 11 Shafar 1438 H, dinyatakan telah dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Kimia, jurusan Kimia (dengan beberapa perbaikan).

Samata-Gowa, 11 November 2016  
11 Shafar 1438 H

### DEWAN PENGUJI :

Ketua : Prof. Dr. H. Arifuddin, M.Ag  
Sekretaris : H.Asri Saleh, S.T., M.Si  
Munaqisy I : Aisyah, S.Si., M.Si  
Munaqisy II : Dra. Sitti Chadijah, M.Si  
Munaqisy III : Dr.Muhsin Mahfudz, M.Ag  
Pembimbing I : Syamsidar HS, ST., M.Si  
Pembimbing II: Sappewali, S.Pd., M.Si

(.....)  
(.....)  
(.....)  
(.....)  
(.....)  
(.....)  
(.....)

Diketahui oleh :

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Alauddin Makassar



Prof. Dr. H. Arifuddin, M.Ag  
NIP : 19691205 199303 1 001

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**Assalamu ‘Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh**

Alhamdulillah Rabbil ‘Alamin, puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wata’ala atas nikmat yang telah dikaruniakan dengan segala kebesaran-Nya, sehingga penulis dapat merampungkan skripsi dengan judul “**Fitoremediasi Tanaman Paku Pakis (*Pteris vittata*) dengan Penambahan Karbon Aktif Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Terhadap Limbah Sintetik Merkuri (Hg)**”. Tulisan ini dapat terselesaikan dengan perjuangan dan doa, sekaligus menjadi syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu (1) di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

Salam serta Shalawat semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam, sebagai suri tauladan untuk ummat islam. Limpahan terima kasih penulis ucapkan kepada ayahanda tercinta Kaco dan ibunda tersayang Daraisa yang telah mencurahkan cinta dan kasihnya serta perhatian moral maupun materi. Semoga Allah SWT tetap menyayangi, mengasihi ayah dan ibu.

Terima kasih juga penulis ucapkan kepada :

1. Bapak Prof. Musafir Pababbari M. Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
2. Bapak Prof. Dr. Arifuddin, M.Ag, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
3. Ibu Sjamsiah S.Si., M.Si., Ph.D, selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
4. Ibu Aisyah S.Si., M.Si, selaku sekretasi Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar sekaligus sebagai penguji.
5. Ibu Syamsidar, HS, S.T., M.Si selaku pembimbing I yang berkenan memberikan kritik dan saran serta bimbingan dari awal penelitian hingga akhir penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Sappewali S.Pd., M.Si, selaku pembimbing II yang telah berkenan meluangkan waktu dan tenaganya dalam membimbing dari awal penelitian hingga akhir penyusunan skripsi ini.
7. Ibu Dra. St. Chadijah, M.Si dan Dr. Muhsin Mahfud M.Ag selaku penguji yang senantiasa memberikan kritik dan saran guna menyempurnakan skripsi ini.
8. Segenap Dosen Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar yang telah membantu dan memberikan ilmu kepada penulis.

9. Kak Musyawira Baharuddin, S. Pdi selaku Staf Jurusan Kimia dan seluruh staf karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar yang telah membantu dalam persuratan demi terselenggaranya skripsi ini.
10. Para laboran Jurusan Kimia, Kak Awaluddin Ip S.Si., M.Si, kak Ahmad Yani S.Si, Kak Andi Nurahma S.Si, Kak Ismawanti S.Si, Kak Nuraini S.Si dan Kak Fitri Azis S.Si., S.Pd terima kasih banyak atas bantuan dan dukungannya.
11. Sahabat seperjuangan Marwan, Risman, Siti Fauziah, Ayu Astuti, Rafly, Riyan, Kamsir, Nur Insani Amir, Sri Wahyuni, Nursyah Fitri, Nabila Aliyah Idris, Nurul Wakiyah dan Ninis Wati sekaligus saudara seperjuangan di Kimia 2012 segenap junior angkatan 2013, 2014 dan 2015 serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
12. Rekan Penelitian saya (Rizal Irfandi) yang senantiasa menemani dari awal hingga penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak dan dapat bernilai ibadah di sisi-Nya. Amin Yaa Rabbal Alamin.

***Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.***

Samata-Gowa, Agustus 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
ABSTRAK .....	xii
<i>ABSTRACT</i> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1-6</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	5
C. Tujuan Penelitian .....	5
D. Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6-24</b>
A. Pencemaran Lingkungan .....	6
B. Logam Berat .....	8
C. Logam Merkuri (Hg) .....	10
D. Fitoremediasi .....	12
E. Tanaman Paku Pakis ( <i>Pteris vittata</i> ) .....	14
F. Karbon Aktif Eceng Gondok .....	19



G. Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) .....	22
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>25-28</b>
A. Waktu dan Tempat .....	25
B. Alat dan Bahan .....	25
1. Alat .....	25
2. Bahan .....	25
C. Prosedur Kerja .....	26
1. Penyiapan Media Tanah .....	26
2. Pembuatan Karbon Aktif .....	26
3. Penyiapan Tanaman Paku Pakis ( <i>Pteris vittata</i> ) .....	26
4. Pembuatan Rumah Tanaman .....	26
5. Pembuatan Limbah Sintesis Merkuri (Hg) .....	26
6. Penyiapan Wadah Fitoremediasi .....	27
7. Proses Fitoremediasi Oleh Tanaman Paku Pakis ( <i>Pteris vittata</i> ) .....	27
8. Analisis Sampel Tumbuhan Paku .....	27
9. Pembuatan Larutan Induk .....	28
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>29-36</b>
A. Hasil Pengamatan .....	29
B. Pembahasan .....	30
1. Analisis Pendahuluan .....	32
2. Analisis Sampel .....	33
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>37</b>
A. Kesimpulan .....	37



B. Saran .....	37
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>38-41</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>42-64</b>
<b>BIOGRAFI</b>	



## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1    Pencemaran Logam .....	7
Gambar 2.2    Tanaman Paku ( <i>Pteris vittata</i> ) .....	15
Gambar 2.3    Karbon Aktif Eceng Gondok .....	20
Gambar 2.4    Spektrofotometri Serapan Atom .....	22
Gambar 4.1    Konsentrasi Hg pada tanaman paku pakis ( <i>Pteris vittata</i> ) ...	33
Gambar 4.2    Rumus Struktur Fitokelatin .....	41
Gambar 4.3    Reaksi Sistein Dimetil Merkuri dengan Ikatan Disulfida .....	52
Gambar 4.4    Kurva Larutan Standar .....	57

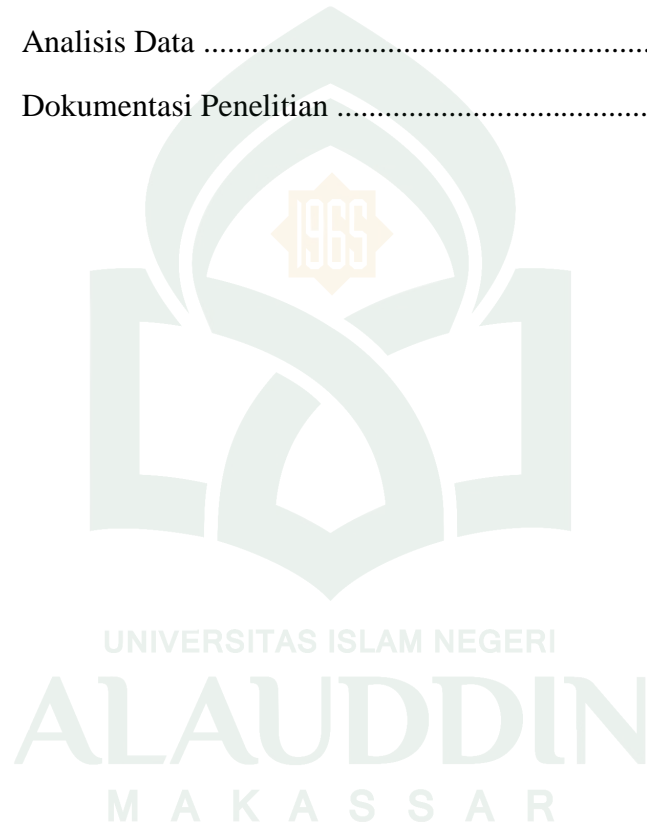
## DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 4.1 Kandungan Merkuri (Hg) yang Terserap Tanaman Paku Pakis ( <i>Pteris vittata</i> ) .....	31
Tabel 4.2 Absorbansi Larutan Kontrol .....	56
Tabel 4.3 Absorbansi Larutan Standar .....	56



## DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
Lampiran 1 Skema Umum Penelitian .....	42
Lampiran 2 Skema Penelitian .....	43
Lampiran 3 Skema Prosedur Kerja .....	44
Lampiran 4 Analisis Data .....	49
Lampiran 5 Dokumentasi Penelitian .....	58



## ABSTRAK

**Nama : Saiful Akbar**

**NIM : 60500112068**

**Judul : Fitoremediasi Tanaman Paku Pakis (*Pteris vittata*) dengan Penambahan Karbon Aktif Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Terhadap Limbah Merkuri (Hg)**

---

Limbah buangan suatu industri berpotensi untuk mencemari lingkungan. Umumnya, buangan industri mengandung logam berat seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), tembaga (Cu) dan kadmium (Cd). Logam berat merupakan salah satu komponen pencemar lingkungan yang cukup berbahaya seperti merkuri (Hg). Untuk itu, diperlukan suatu solusi dalam menangani masalah pencemaran lingkungan tersebut. Fitoremediasi merupakan salah satu cara untuk mengurangi cemaran lingkungan menggunakan tumbuhan yang bersifat hiperakumulator. Teknik fitoremediasi ini efektif, karena proses pengerjaannya mudah, murah dan ramah lingkungan. Salah satu tanaman yang bersifat hiperakumulator terhadap logam berat merkuri ialah tanaman paku pakis (*Pteris vittata*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tanaman paku pakis (*Pteris vittata*) dengan penambahan karbon aktif eceng gondok (*Eichhornia crassipes solms*) dapat berfungsi sebagai bioakumulator atau hiperakumulator terhadap limbah sintetik merkuri (Hg) serta untuk mengetahui pengaruh waktu fitoremediasi tanaman paku pakis terhadap penyerapan logam berat merkuri (Hg). Pengambilan sampel tanaman paku pakis (*Pteris vittata*) dilakukan dengan teknik *random sampling*, sampel fitoremediasi di isolasi selama  $\pm 1$  bulan untuk memisahkan senyawa yang bercampur sehingga menghasilkan senyawa tunggal yang murni. Sampel didestruksi dengan destruksi basah menggunakan larutan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) pekat.

Berdasarkan hasil analisis Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) VARIAN AA240FS diperoleh pada hari ke-3 sebesar 321,2 mg/kg, hari ke-6 sebesar 751,6 mg/kg, hari ke-9 sebesar 1206 mg/kg dan pada hari ke-12 3488 mg/kg.

*Kata kunci: Fitoremediasi, Tanaman Paku Pakis, Tumbuhan Hiperakumulator, Merkuri.*

## ABSTRACT

**Name : Saiful Akbar**

**NIM : 60500112068**

**Title : Plant Spikes Fern Phytoremediation (*Pteris vittata*) with Addition  
Activated Carbon Water Hyacinth (*Eichhornia Crassipes*) to Waste  
Mercury (Hg)**

---

Waste from an industrial potential to pollute the environment. Generally, industrial waste containing heavy metals such as mercury (Hg), lead (Pb), copper (Cu) and cadmium (Cd). Heavy metals is one component of environmental pollutant that is quite dangerous as mercury (Hg). Metallic mercury is liquid under normal circumstances, gray, odorless, has an atomic number of 80, has a boiling point of 357oC and insoluble in water (H<sub>2</sub>O). For that, we need a solution to solve the problems of environmental pollution. Phytoremediation is one way to reduce the environmental contamination using plants that are hyperaccumulator. Phytoremediation technique is effective, because the workmanship is simple, inexpensive and environmentally friendly. One of the plants that are hyperaccumulator the heavy metal mercury is nail plant fern (*Pteris vittata*).

This study aims to determine the plantspikes fern fern (*Pteris vitata*) with the addition of activated carbon water hyacinth (*Eichhornia crassipes* Solms) can serve as bioaccumulator or hyperaccumulator to waste synthetic mercury (Hg) and to determine the effect of time phytoremediation plantsspikes fern on the absorption of heavy metals mercury (Hg). Sampling spikes fern (*Pteris vittata*) is done by random sampling techniques, sample phytoremediation in isolation for  $\pm 1$  month for separating compounds that are mixed so as to produce a single pure compound. Samples is destructed with wet digestion using nitric acid (HNO<sub>3</sub>) acid.

Based on analysis of atomic absorption spectrophotometry (AAS) VARIAN AA240FS obtained at the 3rd day of 321.2 mg / kg, the 6th day of 751.6 mg / kg, the 9th day of 1206 mg / kg and at day - 12 3488 mg / kg.

**Keywords:** *hyperaccumulator plant, Phytoremediation, plant spikes fern, Mercury.*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### ***A. Latar Belakang***

Indonesia merupakan salah satu Negara yang memiliki banyak industri. Seiring dengan perkembangan teknologi dan industri, selain membawa keuntungan dengan peningkatan kesejahteraan manusia, juga membawa masalah yaitu dampak lingkungan dari limbah yang dihasilkan. Limbah adalah hasil proses amalgamasi dan sianidisasi selama pemisahan bijih emas. Limbah mengandung logam berat dalam jumlah yang cukup tinggi sehingga berpotensi merusak lingkungan sekaligus berbahaya bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Untuk itu diperlukan pengelolaan yang tepat sehingga pencemaran logam berat tidak berbahaya bagi manusia. Bahan buangan suatu industri telah menjadi perhatian yang sangat serius baik kepada masyarakat maupun kepada pemerintah dengan terus meningkat. Hasil buangan sisa pengolahan tambang yang kini menjadi permasalahan pada dampak lingkungan. Buangan industri merupakan sumber utama berbagai jenis polusi logam pada lingkungan. Ekosistem perairan merupakan salah satu contoh dari dampak pencemaran. Baik itu yang dirasakan langsung oleh masyarakat maupun tidak. Pencemaran lingkungan terjadi oleh perbuatan manusia sendiri, baik dilakukan secara perseorangan maupun secara kelompok. Hal ini telah dijelaskan Allah Subhanahu Wata'ala dalam al-qur'an:



ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا  
لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Terjemahnya :

“Telah nampak kerusakan di darat dan di lautan disebabkan karena perbuatan tangan (maksiat) manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)” (QS. AL-Ruum/ 30 :41).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa perbuatan maksiat adalah inti “*kerusakan*” yang sebenarnya dan merupakan sumber utama kerusakan-kerusakan yang tampak di muka bumi. Laut telah tercemar, sehingga ikan mati dan hasil laut berkurang dan daratan semakin panas sehingga terjadi kemarau yang berkepanjangan (Shihab, 2002: 76-77). Daratan dan lautan merupakan tempat terjadinya kerusakan. Penebangan hutan secara liar dapat diartikan sebagai kerusakan yang terjadi di darat. Sedangkan penangkapan ikan dengan menggunakan racun, pengambilan kepingan emas secara tradisional dapat diartikan sebagai kerusakan yang terjadi di perairan. Lautan dan perairan yang telah tercemar, berakibat pada ikan dan seluruh ekosistem yang ada di dalamnya mati. Sehingga membuat keseimbangan lingkungan terganggu.

Hasil buangan dari suatu industri tambang merupakan salah satu sumber penyebab kerusakan. Salah satu industri yang menghasilkan cemaran bagi lingkungan dan masyarakat yaitu tambang emas. Tambang emas tersebut menghasilkan tailing yang langsung mengalir ke pengairan masyarakat. Tailing tambang emas terdiri dari berbagai logam berat yang sangat berbahaya bagi kesehatan masyarakat, salah satunya yaitu logam berat merkuri (Hg).

Merkuri (Hg) merupakan logam berat bahan pencemar yang sangat berbahaya. Merkuri (Hg) bersifat beracun untuk makhluk hidup bila penggunaannya

dalam jumlah yang cukup dan dalam waktu yang lama, merkuri akan tersimpan secara permanen di dalam tubuh, dan terjadi inhibisi enzim yang menyebabkan kerusakan sel sehingga kerusakan tubuh dapat terjadi secara permanen. Dampak toksik merkuri yang secara langsung seperti gangguan saraf, tuli, sulit berkonsentrasi dan gangguan kulit. Mengingat penyebaran merkuri ini semakin meningkat, maka perlu penanganan untuk menekan jumlah limbahnya. Pencemaran semakin lama akan semakin meningkat dengan meningkatnya produksi suatu industri (Hilamuhu dkk, 2010: 1).

Fitoremediasi merupakan salah satu cara mengurangi cemaran dengan menggunakan tumbuhan, umumnya terdefinisi seperti pembersihan dari racun atau kontaminan dari lingkungan dengan menggunakan tumbuhan hiperakumulator. Teknik fitoremediasi ini efektif, karena proses pengerjaannya mudah, murah dan memberikan dampak bagi lingkungan yang minimal. Fitoremediasi lebih murah karena hanya memerlukan bibit tanaman dan beberapa bahan untuk memperbaiki kualitas tanah. Dalam teknik fitoremediasi, tumbuhan yang digunakan yaitu tumbuhan yang bersifat hiperakumulator (Widyati, 2009: 72).

Hiperakumulator merupakan tanaman yang dapat menyerap logam berat sekitar 1% dari berat keringnya. Semua tumbuhan mempunyai kemampuan untuk menyerap logam tapi dalam bentuk yang bervariasi. Tumbuhan hiperakumulator merupakan tumbuhan yang dapat digunakan dalam proses fitoremediasi. Tumbuhan digolongkan hiperakumulator jika mampu mengakumulasi merkuri (Hg) sebesar 10 mg/Kg berat kering. Salah satu tumbuhan yang dikategorikan hiperakumulator adalah tanaman paku, karena dapat bertahan hidup di kawasan lingkungan tercemar (Kosegeran, dkk, 2015, h.61).

Tumbuhan paku (*Pteris vitata*) merupakan tumbuhan termasuk suku *Polypodiales* yang tumbuh di hutan, di daerah-daerah pegunungan, rawa, dan di sekitar sungai yaitu pada daerah teduh dan lembab (Kosegeran,*dkk*, 2015: 59). Tanaman paku (*Pteris vitata*) mengandung suatu enzim reduktase di membran akarnya yang berfungsi untuk mereduksi logam dan translokasikan ke bagian lain tumbuhan dan merupakan tumbuhan yang di klasifikasikan ke dalam divisi pteridophyta dan juga lebih dikenal sebagai filidophyta. Tumbuhan paku dikelompokkan dalam satu divisi yang jenisnya jelas mempunyai kormus dan dapat dibedakan dalam tiga bagian pokok yaitu akar, batang, dan daun. Penyerapan merkuri oleh tumbuhan paku air di akar 4084 ppb dan di daun sebesar 641 ppb (Mahmud,*dkk*: 2012: 5).

Tumbuhan paku telah banyak dimanfaatkan antara lain sebagai tanaman hias dan bahan obat-obatan. Namun secara tidak langsung, kehadiran tumbuhan paku turut memberikan manfaat dalam memelihara ekosistem hutan antara lain dalam pembentukan tanah, pengamanan tanah terhadap erosi, serta membantu proses pelapukan serasah hutan (Irawati dan Kinho, 2012: 18-19).

Berdasarkan penelitian Widyati (2009: 72), penyerap logam berat seperti arsen (As) sebesar 27.00 mg/kg biomass menjadikan tanaman paku pakis dapat diartikan sebagai tanaman hiperakumulator karna dapat bertahan hidup dan tidak terganggu proses pertumbuhannya di lingkungan yang terkontaminasi oleh logam berat.

Bersadarkan latar belakang tersebut, maka dilakukanlah penelitian dengan menggunakan tanaman paku pakis (*Pteris vittata*) dalam menyerap logam berat merkuri (Hg) yang disebut dengan teknik fitoremediasi.

### **B. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah tanaman paku pakis (*Pteris vitata*) dengan penambahan karbon aktif enceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) dapat berfungsi sebagai bioakumulator atau hiperakumulator terhadap limbah merkuri (Hg)?
2. Bagaimana pengaruh waktu fitoremediasi tanaman paku pakis (*Pteris vitata*) terhadap penyerapan logam berat merkuri (Hg)?

### **B. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui tanaman paku pakis (*Pteris vitata*) dengan penambahan karbon aktif eceng gondok (*Eichhornia crassipes solms*) dapat berfungsi sebagai bioakumulator atau hiperakumulator terhadap limbah merkuri (Hg).
2. Untuk mengetahui pengaruh waktu fitoremediasi tanaman paku pakis (*Pteris vittata*) terhadap penyerapan logam berat merkuri (Hg).

### **C. Manfaat penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi kepada pembaca tentang manfaat tanaman paku pakis (*Pteris vittata*) yang dapat berfungsi sebagai hiperakumulator terhadap logam berat merkuri (Hg).
2. Memberikan referensi kepada masyarakat selanjutnya tentang metode fitoremediasi dapat digunakan untuk meminimalisir pencemaran lingkungan oleh logam berat.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### ***A. Pencemaran Lingkungan***

Pencemaran diartikan sebagai suatu pengotor yang dapat menurunkan nilai dan kegunaan lingkungan. Pencemaran lingkungan merupakan perubahan lingkungan yang tidak menguntungkan dan sebagian besar disebabkan perbuatan manusia (Larasati, 2012: 51). Pencemaran lingkungan terjadi ketika daur materi dalam lingkungan hidup mengalami perubahan, sehingga keseimbangan dalam hal struktur maupun fungsinya terganggu. Ketidak seimbangan struktur dan fungsi daur materi terjadi karena proses alam atau juga karena perbuatan manusia. Dalam abad modern ini banyak kegiatan atau perbuatan manusia untuk memenuhi kebutuhan biologis dan kebutuhan teknologi sehingga banyak menimbulkan pencemaran lingkungan. Dalam usaha merubah lingkungan hidupnya, langkah yang dilakukan manusia untuk meningkatkan kesejahteraan hidupnya dapat menimbulkan masalah yang disebut pencemaran. Manusia juga dapat merubah keadaan lingkungan yang tercemar akibat perbuatannya sendiri, menjadi keadaan lingkungan yang lebih baik, menjadi keadaan seimbang, dapat mengurangi terjadinya pencemaran lingkungan, bahkan diharapkan untuk dapat mencegah terjadinya pencemaran. Pencemaran lingkungan tersebut perlu mendapat penanganan secara serius oleh semua pihak, karena pencemaran lingkungan dapat menimbulkan gangguan terhadap kesejahteraan, kesehatan, bahkan dapat berakibat terhadap jiwa manusia (Faisal, 2010: 27).

Lokasi industri tambang emas kebanyakan dekat dari pemukiman penduduk/warga, sehingga muncul permasalahan dengan warga sekitar. Industri tambang emas menghasilkan limbah cair yang dapat mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan. Kontaminasi pada tanah dan perairan diakibatkan oleh banyak penyebab termasuk limbah industri, limbah penambangan, residu pupuk, dan pestisida hingga bekas instalasi senjata kimia. Bentuk kontaminasi berupa berbagai unsur dan substansi kimia berbahaya yang mengganggu keseimbangan fisik, kimia, dan biologi tanah. Pencemaran tanah ataupun lingkungan disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain penggunaan bahan-bahan kimia yang berlebihan ataupun dari limbah yang berasal dari kegiatan penambangan emas rakyat skala kecil apalagi dalam skala besar. Pertambangan emas rakyat memberikan dampak positif bagi kegiatan perekonomian berupa penyerapan tenaga kerja, maupun peningkatan kesejahteraan masyarakat. Namun, kegiatan tersebut juga berdampak negatif bagi area di sekitarnya khususnya lahan pertanian, karena tailing memiliki karakteristik kimia yang buruk.



**Gambar 2.1** Pencemaran logam

Pencemaran logam berat dapat terjadi pada daerah yang beragam, salah satunya yaitu pencemaran pada daratan dan air. Pencemaran tanah daratan ataupun air berhubungan erat dengan penggunaan logam itu sendiri. Pencemaran tersebut biasanya terjadi karena pembuangan limbah dari industri pengguna logam yang bersangkutan tidak terkontrol (Darmono, 1994: 12). Logam berat merupakan salah satu komponen pencemar perairan yang cukup mendapat perhatian saat ini. Beberapa jenis logam berat berguna untuk metabolisme makhluk hidup dalam kadar rendah namun tidak demikian dalam kadar tinggi (Setyaningsih, 2015 : 103).

### **B. Logam Berat**

Logam berat merupakan unsur logam dengan berat molekul tinggi. Dalam kadar rendah logam berat pada umumnya sudah beracun bagi tumbuhan dan hewan, termasuk manusia. Salah satu faktor pencemaran tanah yang paling penting adalah limbah logam berat. Logam berat merupakan istilah yang digunakan untuk unsur-unsur transisi yang mempunyai massa jenis atom lebih besar dari  $6 \text{ g/cm}^{-3}$ . Merkuri (Hg), timbal (Pb), tembaga (Cu), kadmium (Cd) dan stronsium (Sr) adalah contoh logam berat yang berupa kontaminan yang berasal dari luar tanah dan sangat diperhatikan karena berhubungan erat dengan kesehatan manusia, pertanian dan ekotoksikologinya (Fajar, dkk, 2014: 139).

Logam berat di perairan berbahaya secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. proses pencemaran dapat terjadi secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung, yaitu bahan pencemar langsung berdampak meracuni sehingga mengganggu kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan atau mengganggu



keseimbangan ekologis air, udara, maupun tanah. Proses tidak langsung, yaitu beberapa zat kimia bereaksi di udara, air, maupun tanah, sehingga menyebabkan pencemaran. Berdasarkan sifat kimia dan fisik, tingkat atau daya racun logam berat terhadap hewan air secara berurutan adalah merkuri (Hg), kadmium (Cd), seng (Zn), timah hitam (Pb), krom (Cr), nikel ((Ni), dan kobalt (Co) (Alen, *dkk*, 2105: 8-9).

Salah satu dari bahan pencemaran tersebut adalah logam berat merkuri atau juga disebut air raksa merupakan salah satu logam berat yang menjadi bahan pencemaran. Masuknya merkuri dalam jumlah yang tinggi ke dalam lingkungan perairan dapat menyebabkan efek yang buruk bagi organisme yang hidup pada perairan tersebut. Jika merkuri ini telah masuk dalam rantai makanan maka suatu saat akan masuk pada tubuh manusia (Selayar *dkk*, 2015: 125).

Logam berat merupakan salah satu komponen pencemar perairan yang cukup mendapat perhatian saat ini. Beberapa jenis logam berat berguna untuk metabolisme makhluk hidup dalam kadar rendah namun tidak demikian dalam kadar tinggi. Kadar logam berat yang tinggi bersifat toksik dan berbahaya bagi makhluk hidup. Logam berat sukar terdegradasi bahkan cenderung terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup yang terpapar. Logam berat menjadi polutan di udara, tanah dan perairan. Logam berat di udara berasal dari hasil pembakaran. Logam berat di tanah berasal dari hasil kegiatan antropogenik yang menggunakan bahan-bahan kimia seperti pupuk, pestisida, dan sebagainya (Setyaningsih, 2015 : 103).

### ***C. Logam Merkuri (Hg)***

Logam berat merkuri atau juga disebut air raksa merupakan salah satu logam berat yang menjadi bahan pencemaran. Merkuri dapat ditemukan secara alami di alam dalam bentuk sulfid ( $\text{HgS}$ ), juga dikenal sebagai biji binabar yang memiliki kandungan raksa sebanyak 0,1-4%. Merkuri juga terkandung di bawah tanah dalam bentuk geodes atau raksa cairan dan sebagai impregnasi chist atau slate. Merkuri merupakan logam yang dalam keadaan normal berbentuk cairan, berwarna abu-abu, tidak berbau, memiliki nomor atom 80, memiliki berat molekul 200,59, titik didih  $357^{\circ}\text{C}$ , titik didih  $38,4^{\circ}\text{C}$  dan massa jenis 13,6 g/mL. Tidak larut dalam air, alkohol, eter, asam hidroklorida, hidrogen bromida dan hidrogen iodida; larut dalam asam nitrat, asam sulfur panas dan lipid. Tidak tercampurkan dengan oksidator, halogen, bahan yang mudah terbakar, logam, asam, logam karbida dan amina. Berwujud cair pada suhu kamar ( $25^{\circ}\text{C}$ ) dengan titik beku paling rendah  $-39^{\circ}\text{C}$ . Masih berwujud cair pada suhu  $396^{\circ}\text{C}$ . Pada temperatur  $396^{\circ}\text{C}$  ini telah terjadi pemuatan secara menyeluruh. Merkuri merupakan logam yang paling mudah menguap jika dibandingkan dengan logam-logam yang lain. Tegangan listrik yang dimiliki sangat rendah, sehingga menempatkan merkuri sebagai logam yang sangat baik untuk menghantarkan daya listrik. Merkuri juga dapat melarutkan bermacam-macam logam untuk membentuk alloy yang disebut juga dengan amalgam. Merkuri adalah unsur yang sangat beracun bagi semua makhluk hidup, baik itu dalam bentuk unsur tunggal (logam) maupun bentuk persenyawaan (Syamsidar, 2014: 165-166).

Hasil buangan suatu industri merupakan penyebab utama dari kasus-kasus keracunan logam berat sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan kadar merkuri (Hg) (Musafira, 2016 : 54). Merkuri (Hg) yang terdapat dalam limbah di perairan umum diubah oleh aktivitas mikroorganisme menjadi komponen metil-merkuri (Me-Hg) yang memiliki sifat racun dan daya ikat yang kuat disamping kelarutannya yang tinggi terutama dalam tubuh hewan air sekitar 90% diabsorpsi oleh dinding usus, hal ini jauh lebih besar daripada bentuk senyawa merkuri anorganik ( $\text{HgCl}_2$ ) yang hanya sekitar 10%. Akan tetapi senyawa merkuri anorganik ini kurang bersifat korosif daripada senyawa merkuri organik. Senyawa merkuri organik tersebut juga dapat menembus barrier darah dan plasenta sehingga dapat menimbulkan pengaruh teratogenik (Fitri, 2016 : 110). Hal tersebut mengakibatkan merkuri terakumulasi baik melalui proses bioakumulasi maupun biomagnifikasi yaitu melalui rantai makanan dalam tubuh jaringan tubuh hewan-hewan air, sehingga kadar merkuri dapat mencapai level yang berbahaya baik bagi kehidupan hewan air maupun kesehatan manusia yang mengkonsumsi hasil tangkapan hewan-hewan air tersebut (Purnawan dkk, 2013: 19).

Logam merkuri yang merupakan kandungan utama amalgam tidak larut dalam air, akan tetapi bakteri dalam mulut dapat mengubah logam merkuri menjadi ion  $\text{Hg}^{2+}$  yang larut dalam air. Ion merkuri ( $\text{Hg}^{2+}$ ) yang terlepas dari amalgam bisa terekspos ke dalam cairan mulut, kemudian masuk kedalam saluran pencernaan dan diekskresikan melalui feses (Kepel dan Fatmawati, 2015 : 36).

Masuknya merkuri dalam jumlah yang tinggi ke dalam lingkungan perairan dapat menyebabkan efek yang buruk bagi organisme yang hidup pada perairan tersebut, bahkan dapat membahayakan kesehatan manusia yang menggunakan air

dan mengkonsumsi organisme tersebut. Jika merkuri ini telah masuk dalam rantai makanan maka suatu saat akan masuk pada tubuh manusia (Nur dkk, 2015: 125).

Beberapa negara telah mengalami kasus dampak pembuangan limbah yang mengandung merkuri (Hg) dan menimbulkan keracunan, beragam penyakit hingga kematian. Merkuri merupakan logam yang sangat cepat tersebar diperairan karena sifatnya yang reaktif serta memiliki mobilitas yang sangat tinggi (Najiah dkk, 2015: 2).

Penggunaan logam merkuri terbanyak ialah pabrik alat-alat listrik, yang menggunakan lampu-lampu merkuri untuk penerangan jalan raya. Merkuri juga digunakan dalam pembuatan baterai, karena baterai yang dibuat dengan bahan merkuri dapat tahan lama dan tahan terhadap kelembapan yang tinggi. Dalam bidang pertanian, merkuri digunakan untuk membasmi jamur. Penggunaan merkuri dalam membasmi jamur didasarkan pada sifat merkuri yang mampu merusak jaringan jamur. Merkuri juga digunakan dalam campuran cat yang digunakan untuk mengecat daerah yang mempunyai kelembapan yang tinggi sehingga dapat mencegah tumbuhnya jamur (Darmono, 1995: 4-5).

#### **D. Fitoremediasi**

Fitoremediasi merupakan teknik penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi. Akhir-akhir ini teknik reklamasi dengan fitoremediasi mengalami perkembangan pesat dibandingkan metode lainnya, misalnya penambahan lapisan permukaan tanah. Fitoremediator tersebut dapat berupa herba, semak bahkan pohon. Semua tumbuhan mampu menyerap logam dalam jumlah yang bervariasi, tetapi beberapa tumbuhan

mampumengakumulasi unsur logam tertentu dalam konsentrasi yang cukup tinggi (Juhaeti, 2005: 31).

Pengolahan secara biologis yang terfokus pada pemanfaatan material biologi seperti mikroorganisme, tumbuhan, ganggang, cangkang kepiting, dan lain-lain untuk mengambil atau menyerap logam berat dalam air, atau yang lebih dikenal sebagai metode biosorpsi menjadi alternatif baru. Material biologi untuk metode biosorpsi berupa mikroorganisme, saat ini lebih banyak digunakan dibandingkan material lainnya, mengingat kemampuannya yang tinggi, biaya yang dibutuhkan kecil, tidak menghasilkan limbah sekunder berupa lumpur, dapat diregenerasi dan mudah diaplikasikan pada berbagai skala (Niswatun, 2015 : 2).

Teknik reklamasi dengan fitoremediasi mengalami perkembangan pesat karena terbukti lebih murah dibandingkan metode lainnya, misalnya penambahan lapisan permukaan tanah. Fitoremediator tersebut dapat berupa herba, semak bahkan pohon. Semua tumbuhan mampu menyerap logam dalam jumlah yang bervariasi, tetapi beberapa tumbuhan mampu mengakumulasi unsur logam tertentu dalam konsentrasi yang cukup tinggi. Sudah banyak hasil penelitian yang membuktikan keberhasilan penggunaan tumbuhan untuk remediasi dan tidak sedikit tumbuhan yang dibuktikan sebagai hiperakumulator adalah species yang berasal dari daerah tropis (Rondonuwu, 2014 : 52).

Teknik fitoremediasi ini memiliki keunggulan dibandingkan dengan teknik pengolahan limbah yang lain adalah karena prosesnya yang alami, adanya hubungan yang sinergi antara tanaman, mikroorganisme dan lingkungan atau habitat hidup, serta tidak diperlukan teknologi tinggi. Kelebihan tersebut menyebabkan biaya

operasi proses fitoremediasi relatif lebih rendah dibandingkan dengan metode lain (Sulistiyati, 2009: 6).

Akar tumbuhan hiperakumulator mempunyai senyawa fitokelatin yang berfungsi untuk mengikat unsur logam dan membawanya ke dalam sel melalui peristiwa transport aktif. Selain logam berat terakumulasi pada akar, logam berat juga akan terakumulasi pada bagian jaringan tumbuhan lainnya terutama pucuk daun (Puspita, 2011: 62).

#### **E. Tanaman Paku (*Pteris vittata*)**

Tanaman paku (*Pteridophyta*) merupakan salah satu golongan tanaman yang hampir dapat dijumpai pada setiap wilayah Indonesia. Tumbuhan paku dikelompokkan dalam satu divisi yang jenisnya telah jelas mempunyai kormus dan dapat dibedakan dalam tiga bagian pokok yaitu akar, batang dan daun (Arini, dan Kinho, 2012:18).Tumbuhan paku sebagian ada yang hidup menumpang pada berbagai jenis tumbuhan lain, terutama pada tanaman perkebunan. Tanaman paku menyukai daerah yang lembab, baik di tanah atau menumpang pada berbagai pepohonan sebagai epifit. (Indah dan Rosada, 2005:24).

Tanaman paku termasuk tanaman perintis yang hidup di setiap tipe kawasan hutan yang memegang fungsi dan peran penting untuk dalam menyusun ekosistem hutan. Tumbuhan paku (*pteridophyta*) telah memiliki sistem pembuluh sejati (kormus) tetapi tidak menghasilkan biji untuk reproduksinya tetapi kelompok tumbuhan ini masih menggunakan spora sebagai alat perbanyakan generatifnya ( Aji, 2009: 1).

Sistematika taksonomi menurut Aryantha (2012) adalah :

Kingdom : Plantae  
Divisi : Pteridophyta  
Kelas : Filicopsida  
Bangsa : Polypodiales  
Suku : Pteridaceae  
Marga : Pteris  
Spesies : Pteris vittata



**Gambar 2.2** tanaman paku (*Pteris vittata*)

Tumbuhan paku merupakan tumbuhan berkormus dan berpembuluh yang paling sederhana. Tubuhnya dapat dibedakan dengan jelas antara akar, batang dan daun. Terdapat lapisan pelindung sel (jaket steril) di sekeliling organ reproduksi, sistem transpor internal, hidup di tempat yang lembap. Akar serabut berupa rizoma, ujung akar dilindungi kaliptra. Sel-sel akar membentuk epidermis, korteks, dan silinder pusat (terdapat xilem dan fleom) (Indah, 2009: 54).

Tumbuhan paku dapat dibedakan menjadi dua bagian utama yaitu organ vegetatif yang terdiri dari akar, batang, rimpang, dan daun. Sedangkan organ generatif terdiri atas spora, sporangium, anteridium, dan arkegonium. Sporangium



tumbuhan paku umumnya berada di bagian bawah daun serta membentuk gugusan berwarna hitam atau coklat. Gugus sporangium ini dikenal sebagai sorus. Letak sorus terhadap tulang daun merupakan sifat yang sangat penting dalam klasifikasi tumbuhan paku (Irawati dan Kinho, 2012: 19).

Reproduksi tumbuhan paku secara vegetatif dengan rhizoma dan membentuk spora, secara generatif dengan pembentukan gamet. Tumbuhan paku mengalami pergiliran keturunan (metagenesis) yaitu pergiliran keturunan antara generasi sporofit (penghasil spora) dengan generasi gametofit (penghasil gamet) (Indah, 2009: 55).

Paku-pakuan yang umumnya dijumpai adalah generasi sporofit. Daunnya merupakan satu-satunya bagian tumbuhan yang tampak di atas tanah, yang berasal dari batang bawah tanah serta *rizom* yang mengeluarkan akar-akar. Pada awal musim panas, bercak kecoklat-coklatan tampak di bagian bawah daun. Bercak-bercak tersebut dikenal dengan nama *sorus* dan berisi banyak sporangium di atas tangkai-tangkainya. Di dalam setiap sporangium, sel-sel induk spora menjalani meiosis sehingga terbentuk empat spora. Jika kelembaban menurun, sel-sel bibir berdinding tipis dari setiap sporangium terpisah dan annulus membuka secara perlahan-lahan. Lalu dengan gerak yang cepat, annulus tersebut meletik ke muka dan mengeluarkan spora-sporanya.

Tanaman paku umumnya dijumpai berwarna hijau, salah satu bukti kekuasaan Allah Subhanahu Wata'ala adalah penciptaan biji dan embrio tanaman di setiap tempat yang sempit. Allah Subhanahu Wata'ala berfirman :

وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُتَجَبِّرَاتٌ وَجَنَّاتٌ مِّنْ أَعْنَابٍ وَزَرْعٌ وَنَخِيلٌ صِنْوَانٌ وَغَيْرُ صِنْوَانٍ يُسْقَىٰ بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُفِضَلُ بَعْضُهَا عَلَىٰ بَعْضٍ فِي الْأَكْلِ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿٤﴾

Terjemahnya:

“Dan di bumi terdapat bagian-bagian yang berdampingan. Kebun-kebun anggur, tanaman-tanaman, pohon kurma yang bercabang dan yang tidak bercabang; disirami dengan air yang sama, tetapi kami lebihkan tanaman yang satu dari yang lainnya dalam hal rasanya. Sungguh, pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang mengerti (QS. AR-Rad: 4).

Sedangkan bagian lain dari biji itu terdiri dari zat-zat tidak hidup terakumulasi. Ketika embrio mulai bernyawa dan tumbuh, zat-zat yang terakumulasi berubah menjadi zat yang dapat memberi makanan embrio (Shihab, 2002: 208).

Sebagaimna Firman Allah Subhanahu Wata’ala dalam Al-qur’an:

﴿إِنَّ اللَّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَىٰ ۚ يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَمُخْرِجُ الْمَيِّتِ مِنَ الْحَيِّ ۚ ذَٰلِكُمْ اللَّهُ فَأَنَّىٰ تُؤْفَكُونَ﴾

Terjemahnya:

“Sesungguhnya Allah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan dan biji buah-buahan. Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati, dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup. (Yang memiliki sifat-sifat) demikian ialah Allah, maka mengapa kalian masih berpaling? (QS. Al-An’am: 95).

Di ayat lain Allah Subhanahu Wata’ala berfirman:

وَهُوَ الَّذِي أَنزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا مِّنْهُ خُضِرَ النَّخْلُ مِّنْ الْأَنْخَالِ مِّنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٌ مِّنْ أَعْنَابٍ

وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ<sup>٩٩</sup> أَنْظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

Terjemahnya :

"Dan Diayang telah menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan, maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman" (QS: 006: 99).

Allah Subhanahu Wata'alamemberitahukan bahwa Dialah Yang membelah biji-bijian dan semua bibit tanaman, yakni Dia membelahnya di dalam tanah, lalu menumbuhkan dari biji-bijian berbagai macam tanaman, sedangkan dari bibit tanaman Dia keluarkan berbagai macam pohon yang menghasilkan buah-buahan yang berbeda-beda warna, bentuk, dan rasanya. Ayat tentang tumbuh-tumbuhan ini menerangkan proses penciptaan buah yang tumbuh dan berkembang beberapa fase, sehingga sampai pada fase kematangan. Pada fase kematangan ini, mengandung komposisi zat kimia yang terbentuk atas bantuan sinar matahari masuk melalui klorofil yang pada umumnya terdapat pada bagian pohon yang berwarna hijau, terutama pada daun (Shihab, 2002: 216).

Tanaman paku umumnya dijumpai berwarna hijau, kaya akan klorofil dan tanaman paku juga adalah tanaman penghasil spora dari dirinya sendiri. Tanaman paku dapat bereproduksi secara vegetatif dengan membentuk tunas. Sporofit paku juga dapat menghasilkan spora. Spora yang dihasilkan tumbuhan paku disimpan dalam sporangium. Sporangium suatu saat akan pecah mengeluarkan spora. Spora

akan tersebar mengikuti angin. Jika spora jatuh di tempat yang lembap, spora akan tumbuh menjadi tumbuhan baru berukuran sangat kecil berbentuk hati, dikenal sebagai protalium.

#### ***F. Karbon Aktif Eceng Gondok***

Eceng gondok merupakan tanaman gulma di wilayah perairan yang hidup terapung pada air yang dalam. Eceng gondok memiliki kecepatan tumbuh yang tinggi sehingga dianggap sebagai gulma yang dapat merusak perairan. Eceng gondok berkembang biak dengan sangat cepat, baik secara vegetatif maupun generatif (Ananda dkk, 2013: 4).

Karbon Aktif atau Arang Aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Daya serap karbon aktif ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap arang tersebut dilakukan aktivasi dengan bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Karbon aktif merupakan karbon amorf dengan luas permukaan sekitar 300 sampai 2000 m<sup>2</sup>/gr [1,2]. Luas permukaan yang sangat besar ini karena mempunyai struktur pori-pori, pori-pori inilah yang menyebabkan karbon aktif mempunyai kemampuan untuk menyerap. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-1000 % terhadap berat karbon aktif (Esterlita dan Herlina, 2015 :47). Pemilihan jenis aktivator akan berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif. Beberapa jenis senyawa kimia yang sering digunakan dalam industri pembuatan karbon aktif adalah ZnCl<sup>2</sup>, KOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan HCl. Masing-masing jenis

aktifator akan memberikan efek/pengaruh yang berbeda-beda terhadap luas permukaan maupun volume pori-pori karbon aktif yang dihasilkan.



**Gambar 2.3** Karbon aktif eceng gondok

Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan yang dimiliki oleh karbon aktif. Adsorpsivitas dari karbon aktif ditentukan oleh luas permukaan partikel yang juga dapat ditingkatkan jika terhadap karbon tersebut dilakukan aktivasi dengan aktivator bahan kimia (aktivasi kimia) ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi (aktivasi fisika). Aktivasi secara kimiawi dalam pembuatan karbon aktif dengan menggunakan KOH,  $\text{ZnCl}_2$ , dan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  sudah sangat sering digunakan untuk menghasilkan karbon aktif yang memiliki permukaan yang luas untuk menyerap dan pori – pori yang besar (Esterlita dan Herlina, 2015: 48).

Tahap pembuatan karbon aktif, arang atau karbon merupakan produk setengah jadi. Sedangkan, karbon aktif merupakan karbon yang diproses sedemikian rupa sehingga memiliki daya serap atau adsorpsi yang tinggi terhadap bahan lain yang umumnya berbentuk larutan atau uap. Perbedaan strukturnya dengan karbon biasa terletak pada persilangan rantai karbonnya dan ketebalan lapisan (Vinsiah dan Suharman, 2013 : 191).

Bahan yang dapat dikarbonkan, umumnya dapat digunakan sebagai bahan baku membuat karbon aktif baik yang berasal dari hewan, tumbuhan maupun dari bahan tambang. Proses pengarangan dilakukan dalam sebuah reaktor tanpa adanya udara selama proses berlangsung. Berbagai jenis bahan baku jika dipanaskan pada suhu 120°C kadar airnya akan menguap dan zat organik yang volatil akan terusir keluar. Pada suhu 200°C terjadi reaksi eksotermis akibat peruraian lignoselulosa menjadi asetat, methanol, metana dan gas-gas yang lain (Ratnani, 2005, 6).

Ada dua metode utama yang dapat digunakan untuk membuat arang aktif dari bahan dasar organik, yaitu cara aktivasi fisik dan cara aktivasi kimiawi. Aktivasi fisik biasanya terdiri dari dua tahap. Tahap pertama adalah karbonisasi bahan dasar dengan pemanasan pada suhu sekitar 700 °C yang dilanjutkan dengan tahap berikutnya, yaitu mengalirkan uap karbon dioksida, dan/atau pemanasan pada suhu 800–1000 °C. Secara kimiawi, hal ini umumnya dilakukan dengan mengkondisikan bahan dasar dengan agen dehidrasi yang kuat, misalnya asam fosfat, yang dilanjutkan dengan pemanasan campuran tersebut pada suhu 400–800 °C yang bertujuan untuk membentuk karbon sekaligus mengaktifkannya (Suhendra dan Gunawan, 2010: 22-23).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses karbonasi yaitu waktu karbonisasi yang jika diperpanjang, maka reaksi pirolisis semakin sempurna sehingga hasil arang semakin turun tetapi cairan dan gas makin meningkat. Waktu karbonisasi berbeda-beda tergantung pada jenis-jenis dan jumlah bahan yang diolah. Karbonisasi juga dipengaruhi oleh suhu, yang akan memberi pengaruh terhadap hasil arang karena semakin tinggi suhu, arang yang diperoleh makin berkurang tapi hasil cairan

dan gas semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh makin banyaknya zat-zat terurai dan yang teruapkan (Turmuzi dan Syaputra, 2015: 43).

### ***G. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)***

Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) adalah suatu metoda analisis untuk penentuan konsentrasi suatu unsur dalam suatu cuplikan yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat dasar (*ground state*), untuk mengeksitasi elektron terluar proses penyerapan energi terjadi pada panjang gelombang yang spesifik dan karakteristik untuk tiap unsur. Intensitas radiasi yang diserap sebanding dengan jumlah atom dalam contoh sehingga dengan mengukur intensitas radiasi yang diserap (absorbansi) atau mengukur intensitas radiasi yang diteruskan (transmitansi), maka konsentrasi unsur didalam cuplikan dapat ditentukan (Asminar dan Hadijaya Dahlan, 2000: 23).



**Gambar 2.3** Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unturnya. Spektrum atomik untuk masing-masing unsur terdiri atas garis-garis



resonansi. Gari-garis lain yang bukan garis resonansi dapat berupa spectrum yang bersosiasi dengan tingkat energi molekul, biasanya berupa pita-pita lebar ataupun garis tidak berasal dari eksitasi tingkat dasar yang disebabkan proses atomisasinya (Khopkar, 1990: 288). Metode ini juga digunakan karena memiliki keuntungan dalam kecepatan dan dapat mengukur kadar logam dalam jumlah kecil serta spesifik untuk setiap logam tanpa dilakukan pemisahan (Susanti, 2016 : 27).

Untuk mengetahui tingkat kandungan logam dalam sampel, ada beberapa alat instrumen yang digunakan, tergantung pada jenis logam yang akan diperiksa dan tingkat sensitivitas pengukuran yang diperlukan. Kebanyakan logam diukur dengan sistem atomisasi. Pengujian kadar logam merkuri pada tumbuhan paku menggunakan alat mesin serapan spektrofometer atom dengan nyala (AAS Flame). Dalam analisis logam dengan menggunakan sistem ini, sampel diatomisasi pada alat atomizer melalui nyala api dengan bahan bakar asetilen murni. Biasanya logam yang dianalisis dengan *flame* AAS adalah Ca, Cd, Cu, Cr dan sebagainya yang dikelompokkan dalam logam normal. Sedangkan untuk analisis Hg, dilakukan dengan cara tanpa nyala. Tetapi larutan sampelnya terlebih dahulu direduksi dengan pencampuran stannous klorida ( $\text{SnCl}_2$ ), kemudian uap hasil reduksi ditampung dalam tabung berjendela yang diletakkan di atas atomizer (Darmono, 1994: 130).

Hubungan kuantitatif antara intensitas radiasi yang diserap dan konsentrasi unsur yang ada dalam larutan cuplikan menjadi dasar pemakaian SSA untuk analisis unsur-unsur logam. Untuk membentuk uap atom netral dalam keadaan/tingkat energi dasar yang siap menyerap radiasi dibutuhkan sejumlah energi. Energi ini biasanya berasal dari nyala hasil pembakaran campuran gas asetilen-udara atau asetilen- $\text{N}_2\text{O}$ , tergantung suhu yang dibutuhkan untuk membuat unsur analit menjadi uap atom

bebas pada tingkat energi dasar (ground state). Disini berlaku hubungan yang dikenal dengan hukum Lambert-Beer yang menjadi dasar dalam analisis kuantitatif secara SSA (Boybul, 2009 : 556).

Proses penyerapan energi terjadi pada panjang gelombang yang spesifik dan karakteristik untuk tiap unsur. Proses penyerapan tersebut menyebabkan atom penyerap tereksitasi, dimana elektron dari kulit atom meloncat ke tingkat energi yang lebih tinggi. Banyaknya intensitas radiasi yang diserap sebanding dengan jumlah atom yang berada pada tingkat energi dasar yang menyerap energi radiasi tersebut. Dengan mengukur tingkat penyerapan radiasi (absorbansi) atau mengukur radiasi yang diteruskan (transmitansi), maka konsentrasi unsur di dalam cuplikan dapat ditentukan (Boybul, 2009 : 556).

### **BAB III**

## **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan pada Maret sampai Juli 2016 di Laboratorium Kimia Anorganik dan Riset Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

#### **B. Alat dan Bahan**

##### **1. Alat**

Alat yang digunakan pada penelitian adalah Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) VARIAN AA240FS (Fast Sequential Atomic Absorptions Spectrometer) vapor, lampu katoda berongga (Hg), *sieve* shaker, neraca analitik, kompor listrik, labu takar 200 mL, pipet volume 25 mL, pipet skala (1 mL dan 5 mL), erlenmeyer 100 mL, gelas kimia 100 mL, bulb, corong, spatula, batang pengaduk, pipet tetes, cutter, batang pengaduk, corong, botol semprot, pipa, plastik dan pot.

##### **2. Bahan**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah aquades ( $\text{H}_2\text{O}$ ), tanaman paku pakis, karbon aktif, larutan merkuri (Hg) 1000 ppm, eceng gondok, asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) p.a, asam klorida (HCl), asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), kertas saring dan tanah.

### **C. Prosedur Kerja**

#### **1. Penyiapan Media Tanah**

Tanah diambil di Kab. Gowa Kec. Parangloe Desa Belapunranga Dusun Pappareang. Tanah dikeringkan dan ditimbang  $\pm 200$  gram menggunakan neraca analitik kemudian dimasukkan ke dalam pot.

#### **2. Pembuatan Karbon Aktif**

Sampel enceng gondok dikeringkan selama 2 pekan. Dilakukan teknis karbonisasi dengan teknik kiln drum. Karbon yang terbentuk dihaluskan dengan menggunakan mortal dan lumpang. Diayak dengan menggunakan pengayakan dengan mesh 100 dan amplitude 60. Melakukan aktivasi fisika dengan ditanur selama 2 jam pada suhu  $600^{\circ}\text{C}$  dan kimia dengan direndam dengan larutan asam klorida (HCl) 1 M selama 24 jam. Disaring dan dicuci dengan aquades ( $\text{H}_2\text{O}$ ) sampai filtrat netral.

#### **3. Penyiapan Tanaman Paku Pakis (*Pteris vittata*)**

Tanaman paku pakis (*Pteris vittata*) yang diambil dari daerah pegunungan Kabupaten Gowa, Kecamatan Parangloe, Desa Belapunranga Dusun Pappareang. Mengisolasi selama  $\pm 1$  bulan.

#### **4. Pembuatan Rumah Tanaman**

Rumah tanaman dibuat dari dinding plastik bening dan pipa berbentuk kotak dengan ukuran panjang 1,5 meter dan lebar 1,5 meter. Kemudian diberi lubang kecil di beberapa sisi bertujuan untuk masuknya cahaya dan sirkulasi udara.

#### **5. Pembuatan Limbah Sintetis Merkuri (Hg)**

Dipipet 10 mL larutan merkuri (Hg) 1000 ppm ke dalam labu takar 100 mL. Dihimpitkan sampai tanda batas dan menghomogenkan.

## 6. Penyiapan Wadah Fitoremediasi

Wadah yang digunakan wadah pot berbahan plastik sebanyak 15 buah, dimana 7 wadah untuk sampel dan 8 wadah untuk blanko. Wadah penelitian ini digunakan untuk mengolah tanah tercemar logam berat merkuri (Hg). Wadah kemudian diletakkan dengan intensitas cahaya yang cukup dan terhindar dari hujan.

## 7. Proses Fitoremediasi Oleh Tanaman Paku Pakis (*Pteris vittata*)

Penelitian ini digunakan metode fitoremediasi. Sampel dimasukkan ke dalam pot berbahan plastik, kemudian dimasukkan tanaman paku pakis (*Pteris vittata*) yang sudah diaklimasi dan sesuai dengan jumlah biomassa masing – masing perlakuan. Di berikan limbah sintetis sebanyak 10 mL dalam setiap hari dan diamati pada hari ke- 31, 34, 37 dan 40 (Tommy dan Palapa, 2009), dan sampel diambil kemudian diukur konsentrasi merkuri (Hg) total dengan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) dengan panjang gelombang 253,6 nm (SNI, 1991), untuk mengetahui kadar merkuri (Hg) (Kosegeran, *dkk*, 2015: 60).

## 8. Analisis sampel tumbuhan paku

Sampel tanaman paku dipotong-potong kecil dan dihaluskan kemudian dibuat homogeny. Kemudian dimasukan ke dalam wadah dan diberi label. Ditimbang sebanyak  $\pm 0,5$  gram, dan menambahkan 1 mL H<sub>2</sub>O selanjutnya menambahkan 10 mL HNO<sub>3</sub> dan HClO<sub>4</sub> sebanyak 5 mL. Kemudian sampel dipanaskan pada suhu  $\pm 600^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 15$  menit, dan selanjutnya didinginkan hingga temperatur ruang yaitu  $27^{\circ}\text{C}$ . Sampel dipindahkan ke labu ukur 100 mL dan dibilas, serta ditambahkan aquades bebas merkuri sampai batas tanda garis. Sebelum diukur dengan alat AAS-MVU, sampel ditambahkan (Kosegeran, *dkk*, 2015: 60).

## 9. Pembuatan Larutan Induk

### a. Pembuatan Larutan induk merkuri (Hg) 1000 ppm

Merkuri (Hg) 1000 ppm dipipet 10 mL ke dalam labu takar 50 mL. Kemudian larutan diencerkan dengan aqua bidestilat steril sampai tanda batas lalu menghomogenkan.

### b. Pembuatan larutan baku merkuri (Hg) 100 ppm

Larutan baku merkuri (Hg) 100 ppm dipipet 10 mL ke dalam labu takar 50 mL. Kemudian larutan diencerkan dengan aqua bidestilat steril sampai tanda batas lalu menghomogenkan.

### c. Pembuatan kerja merkuri

#### 1. Larutan kerja

Membuat larutan kerja dengan konsentrasi 4,0 mg/L; 8,0 mg/L; 12,0 mg/L, 16,0 mg/L dan 20,0 mg/L. Larutan kerja siap diukur kadar logam merkuri (Hg) menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

#### 2. Larutan sampel

Membuat larutan kerja dengan konsentrasi 4,0 mg/L; 8,0 mg/L; 12,0 mg/L, 16,0 mg/L dan 20,0 mg/L. Larutan kerja siap diukur kadar logam merkuri (Hg) menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) (Amalia,2014).

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Penelitian

Kandungan merkuri (Hg) yang terserap oleh tanaman paku pakis (*Pteris vittata*) dilakukan dengan cara penyiraman langsung menggunakan limbah sintesis merkuri (Hg) dapat dilihat pada table 4.1.

**Tabel 4.1** Kandungan Merkuri (Hg) yang terserap tanaman paku pakis (*Pteris vittata*)

Variasi Waktu (Hari)	Absorbansi (ppm)		Konsentrasi (mg/L)		Konsentrasi Rata-Rata (mg/L)	Konsentrasi Hg (mg/kg)	Konsentrasi Hg pada Tanaman (mg/kg)
	1	2	1	2			
0	0,0093	0,0089	3,3333	3,2121	3,2727	654,4	0
3	0,0122	0,0166	4,2121	5,5454	4,8787	975,6	321,2
6	0,0172	0,0258	5,7272	8,3333	7,0302	1406	751,6
9	0,0278	0,0302	8,9393	9,6666	9,3029	1860,4	1206
12	0,0694	0,0639	21,5454	19,8787	20,7120	4142,4	3488

Berdasarkan hasil penelitian konsentrasi merkuri (Hg) pada ke-5 tanaman paku pakis (*Pteris vittata*), dapat diketahui bahwa penyerapan merkuri tertinggi terjadi pada hari ke-12 sebesar 4142,2 mg/kg. Pada table 4.1, terlihat bahwa semakin lama masa pertumbuhan tanaman paku pakis (*Pteris vittata*) maka semakin besar kadar merkuri (Hg) yang dapat diserap oleh tanaman paku.

## **B. Pembahasan**

Pengambilan tanaman paku dilakukan di daerah pegunungan di Kabupaten Gowa, Kecamatan Parangloe tepatnya di Desa Belapunrangan Dusun Pappareang. Tanaman paku pakis diambil secara random saat pertumbuhannya  $\pm 5$  cm. Daerah pegunungan menjadi tempat sampling untuk meminimalisir cemaran atau polutan yang diserap oleh tanaman tersebut. Tanaman paku ditumbuhkan pada pot plastik dengan media pertumbuhan tanah dan karbon aktif. Penambahan karbon berfungsi sebagai tambahan nutrisi untuk tanaman. Karbon yang digunakan merupakan karbon yang telah diaktifasi, sehingga pori-porinya terbuka dan mempunyai permukaan yang luas antara 300-2000 m<sup>2</sup>/gr. Permukaan yang luas menjadikan karbon aktif mempunyai kemampuan menyerap yang baik. Membesarnya luas permukaan suatu karbon aktif akan semakin baik pula daya serapnya (Ratnani, 2005: 6).

Penambahan karbon aktif dalam media pertumbuhan tersebut bertujuan untuk mengetahui kemampuan maksimum tanaman paku dalam menyerap atau mengakumulasi logam berat. Karbon tersebut dibuat dengan teknik klin drum, untuk menghindari masuknya oksigen yang dapat menyebabkan tidak terjadinya pembakaran yang sempurna. Karbon yang telah dihaluskan kemudian diayak menggunakan *sieve shaker* untuk menghasilkan karbon aktif yang lebih halus. Karbon kemudian direndam dengan larutan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) selama 24 jam. Selanjutnya menambahkan aquades secara berlebihan dengan tujuan memperoleh karbon aktif yang bersifat netral. Karbon aktif juga berfungsi sebagai tambahan nutrisi untuk tanaman dan dapat membuat tanaman tumbuh lebih lama disebabkan sifat karbon yang mempunyai kemampuan menyerap yang baik, sehingga saat tanaman tidak mendapatkan asupan nutrisi, maka tanaman akan menyerap air dan



nutrisi dari karbon aktif tersebut. Dampak negatif dari Penambahan karbon aktif yaitu dapat menghambat pertumbuhan tanaman paku karena sifatnya yang mampu menyerap dengan baik sehingga sebagian besar nutrisi yang diberikan diserap oleh karbon aktif. Hal demikian terlihat sangat jelas pada bentuk fisik tanaman paku yang mengalami pertumbuhan yang lambat dan kerdil.

Tanaman paku di simpan dalam rumah kaca sederhana yang terbuat dari pipa sebagai rangka dan plastik bening sebagai dinding yang diberi lubang pada beberapa sisi sebagai sirkulasi udara. Rumah plastik juga bertujuan untuk meminimalisir sinar matahari langsung. Sinar matahari langsung diminimalisir karena salah satu sifat dari tanaman paku yaitu dapat tumbuh dengan baik pada daerah sejuk dan lembab. (Irawati dan Kinho, 2012: 19) telah menjelaskan bahwa tanaman paku dapat tumbuh pada daerah lingkungan yang lembab, basah dan dekat kutub utara. Rumah plastik juga berfungsi sebagai pagar tanaman agar terhindar dari polutan di sekitar serta tempat untuk mengisolasi tanaman paku yang akan digunakan sebagai sampel. Isolasi dilakukan untuk membiakan dan mendayakan sampel dengan lingkungan barunya dan menjaga kesterilan tanaman paku selama 1 (bulan). Selama proses isolasi, tanaman disiram dengan air sebagai tambahan nutrisi/pupuk untuk tanaman. Teknis isolasi adalah suatu usaha yang dilakukan untuk memisahkan senyawa yang bercampur sehingga menghasilkan senyawa tunggal yang murni.

Tanaman dikontakkan dengan limbah sintetik merkuri (Hg) dengan konsentrasi 10 ppm pada usia 31 hari. 10 ppm digunakan sebagai konsentrasi limbah karena suatu tanaman dikategorikan sebagai hiperakumulator terhadap logam berat merkuri (Hg) jika mampu mengakumulasi merkuri (Hg) sebesar 10 mg/kg berat kering (Kosegeran, dkk, 2015: 61). Tanaman paku dengan jenis *Pteris vittata*

digunakan sebagai tanaman untuk mengekstrak cemaran logam berat yang mencemari lingkungan. Pemanfaatan tanaman untuk mengekstrak logam berat disebut dengan fitoremediasi.

### **1. Analisis Pendahuluan**

Analisis pendahuluan merupakan uji yang dilakukan untuk mengetahui kandungan yang terdapat pada tanaman paku pakis. Sampel diambil dan dipotong-potong kecil, perlakuan tersebut bertujuan agar memudahkan proses destruksi. Destruksi merupakan suatu metode perlakuan awal yang bertujuan untuk menguraikan atau merombak logam organik menjadi logam anorganik bebas. Destruksi ini bertujuan untuk menghilangkan komponen organik dari sampel dengan prinsip oksidasi. Destruksi dapat dibedakan menjadi dua yaitu destruksi kering dan destruksi basah. Destruksi kering tidak digunakan karena logam yang ingin dianalisis mudah menguap seperti merkuri (Hg). Destruksi basah dilakukan menggunakan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) pekat.  $\text{HNO}_3$  digunakan karena merupakan oksidator yang kuat dan tidak bersifat eksplosif dan tidak membentuk garam yang sukar larut dalam air seperti asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) (Herly, 2015 : 4-5). Kesempurnaan destruksi ditandai dengan terjadi perubahan asap putih menjadi asap coklat dan diperolehnya larutan jernih yang menunjukkan bahwa semua konstituen yang ada telah larut sempurna atau perombakan senyawa-senyawa organik telah berjalan dengan baik.

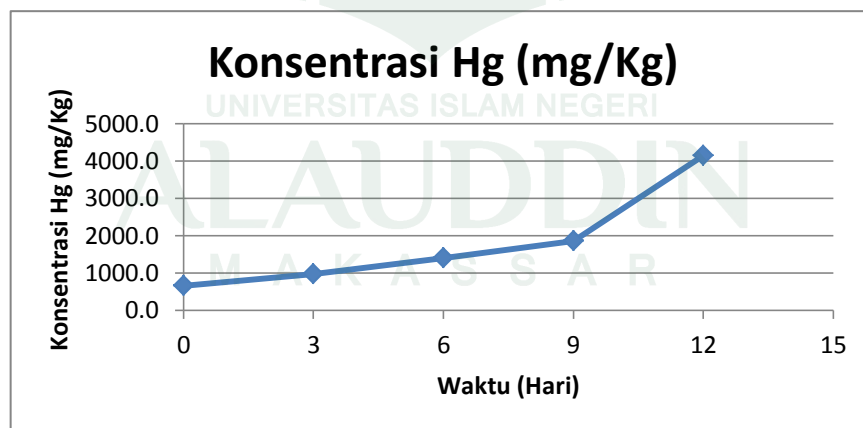
Hasil destruksi kemudian disaring, proses penyaringan dilakukan dengan menggunakan kertas whatman no. 42, karena memiliki pori-pori kecil sehingga saat penyaringan akan diperoleh filtrat yang lebih bersih dan jernih. Pengukuran kadar

merkuri yang terserap tanaman paku dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

Analisis pendahuluan, diperoleh kadar merkuri sebesar 654,4 mg/kg. Kadar merkuri tersebut berasal dari tanah yang digunakan sebagai media pertumbuhan sampel. Seperti yang dijelaskan (Purnawan, 2013: 20) bahwa keberadaan merkuri di lingkungan dapat berasal dari berbagai aktivitas manusia yang menghasilkan limbah merkuri sehingga menyebabkan konsentrasi merkuri di tanah dapat meningkat. Tanah yang digunakan berasal dari daerah Pappareang yang terbelang dekat dengan pemukiman masyarakat setempat.

## 2. Analisis Sampel (dengan perlakuan)

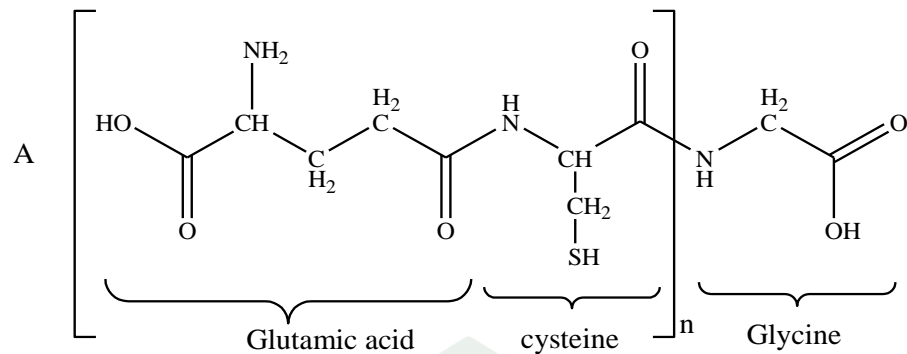
Sampel tanaman paku yang telah diperlakukan seperti halnya pada analisis pendahuluan, maka diperoleh hasil kadar merkuri (Hg) yang diserap oleh tanaman paku seperti gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Konsentrasi Hg pada tanaman paku pakis (*Pteris vittata*)

Kadar merkuri yang terserap mengalami peningkatan setiap harinya karena pertumbuhan tanaman akan mempengaruhi kemampuan suatu dalam menyerap. Semakin besar suatu tanaman maka semakin besar pula kemampuannya untuk menyerap. Hasil yang diperoleh yaitu pada hari ke-3, sebesar 321,2 mg/kg merkuri (Hg). Rendahnya absorpsi pada hari ke-3, disebabkan karbon aktif yang ditambahkan pada media pertumbuhan memiliki daya serap yang lebih kuat dibandingkan dengan tanaman. Pada hari ke-6 dan 9, kadar merkuri yang terserap yaitu 751,6 mg/kg dan 1206 mg/kg. adsorbansi pada hari ke-6 dan 9 memiliki daya serap yang tidak berbeda jauh dengan hari ke-3, karena proses pertumbuhan tanaman yang terhambat sebab pengaruh karbon aktif. Sedangkan pada hari ke-12, tanaman paku pakis menyerap logam berat merkuri (Hg) sebesar 3488 mg/kg. Tingginya kadar logam yang terserap pada hari 12, proses pertumbuhan tanaman yang semakin baik dan semakin besar.

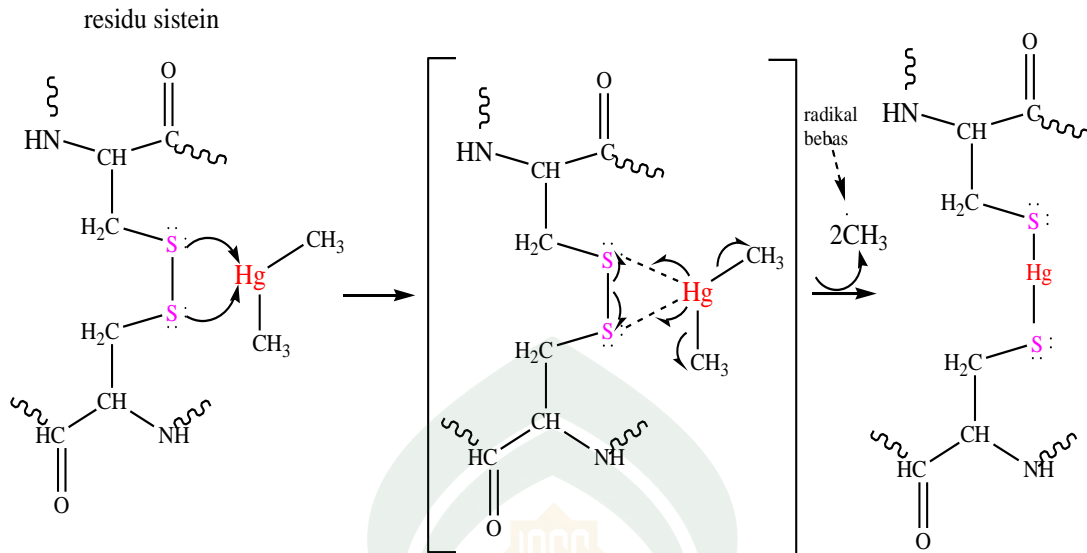
Tanaman secara umum dalam proses pertumbuhannya menggunakan akar untuk menyerap air dan kemudian mentranspirasikan melalui daun. Saat akar tanaman menyerap air maka nutrisi tanamanpun akan mengikut tertranspirasikan ke seluruh bagian tanaman dan memungkinkan kontaminan juga terserap yang umumnya berbentuk kation yang akan terbawa ke akar, ataupun ditranslokasikan ke batang, daun, buah maupun biji (Santoso, *dkk*, 2014 : 140). Akar tanaman ini memiliki senyawa fitokelatin yang berfungsi untuk mengikat unsur logam dan membawanya ke dalam sel melalui peristiwa transport aktif (Puspita, *dkk*, 2011 : 62).



**Gambar 4.2** Rumus Struktur Fitokelatin

(Sumber: Paramata, 2013: 3)

Menurut (Djunaid, 2012: 8-9), untuk menyerap logam berat, tumbuhan membentuk suatu enzim reduktase di membran akarnya yang berfungsi untuk mereduksi logam yang kemudian merkuri ditranslokasikan ke bagian lain tumbuhan melalui jaringan pengangkut yaitu xylem dan floem. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul kelat (molekul pengikat) yang selanjutnya diakumulasikan ke seluruh bagian tanaman yaitu akar, batang dan daun. Tanaman melakukan mekanisme toleransi penting yang bersifat induktif terhadap logam berat dengan mensintesis polipeptida pengikat logam, yaitu fitokelatin. Fitokelatin terbentuk bersama-sama dengan sintesis enzim glutathione sintetase. Fitokelatin disintesis secara enzimatik oleh fitokelatin sintase ( $\gamma$ -glutamylcystein dipeptidyl transpeptidase) dari glutathione.



**Gambar 4.3** Reaksi Sistein Dimetil Merkuri dengan Ikatan Disulfida

(Sumber: Tirta Setiawan, 2014 : 7)

Mekanisme toleransi yang penting pada tumbuhan adalah logam yang ditawarkan racunnya dengan cara dikelat dengan fitokelatin, yakni peptida kecil yang memiliki banyak asam amino sistein yang mengandung belerang. Atom belerang dalam sistein hampir dipastikan penting untuk mengikat logam tersebut, namun atom nitrogen atau oksigen turut berperan pula. Fitokelatin dihasilkan oleh banyak spesies, tetapi sejauh ini diketahui bahwa fitokelatin hanya dijumpai bila terdapat logam dalam kadar tinggi yang meracuni. Pembentukan fitokelatin merupakan respon tumbuhan untuk beradaptasi terhadap keadaan lingkungan yang rawan.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengamatan dan pembahasan, penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut :

1. Tanaman paku pakis (*Pteris vittata*) dengan penambahan karbon aktif eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) termasuk tanaman hiperakumulator terhadap logam berat merkuri (Hg) karena mampu menyerap sebesar 3488 mg/kg.
2. Penyerapan logam berat merkuri (Hg) semakin lama waktu yang digunakan maka semakin besar kadar merkuri yang dapat diserap. Hasil yang diperoleh yaitu yaitu pada hari ke-3 sebesar 321,2 mg/kg, hari ke-6 sebesar 751,6 mg/kg, hari ke-9 sebesar 1206 mg/kg dan pada hari ke-12 sebesar 3488 mg/kg.

#### **B. Saran**

Saran untuk peneliti selanjutnya yaitu mengukur kadar merkuri (Hg) secara spesifik yang terdapat pada akar, batang dan daun tanaman paku pakis (*Pteris vittata*) menggunakan metode fitoremediasi.

## DAFTAR PUSTAKA

Alqur'an Alkarim.

Aji, dkk. *Profil Karakteristik Bentuk Sorus Tumbuhan Paku Di Kawasan Wisata Air Terjun Ironggolo Kabupaten Kediri*. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Nusantara PGRI Kediri. 2009: hal. 1-8.

Ananda, dkk. *Fitoremediasi Phospat dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) pada Limbah Cair Industri Kecil Pencucian Pakaian (Laundry)*. Jurnal Institut Nasional, no. 1 vol 1 Februari 2013.

Arini Diah Irawati Dwi dan Julianus Kinho. *Keragaman Jenis Tumbuhan Paku (Pteridophyta) Di Cagar Alam Gunung Ambang Sulawesi Utara*. Balai Penelitian Kehutanan Manado. Volume 2 No 1, Juni 2012.

Aryantha, Nyoman P. dkk. "Tumbuhan Paku Di Coban Pelangi – Malang". <http://www.sith.itb.ac.id/herbarium>. Bandung, 2012. diakses tanggal 09 Januari 2016.

Asminar dan Hadijaya Dahlan. *Analisis Komposisi Logam Paduan AlMg<sub>2</sub> Produk Tuang Dengan Metode AAS*. Urania No. 21 & 22/Thn.Vi/Janua'ri -April 2000.

Darmono. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI Prees. 1995.

Djunaid Ulfiana, Novri Y. Kandowangko dan Marini S. Hamidun. *Kandungan Merkuri Pada Tumbuhan Yang Berada Di Kawasan Penambangan Emas Desa Hulawa Kecamatan Sumalata Kabupaten Gorontalo Utara*. Program Studi Biologi Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo. 2012.

Esterlita Marina Olivia, Netti Herlina. *Pengaruh Penambahan Aktivator Zncl<sub>2</sub>, Koh, Dan H<sub>3</sub>po<sub>4</sub> Dalam Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepah Aren (Arenga Pinnata)*. Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara. Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 4, No. 1 (Maret 2015).

Faisal Wisjachudin dan Elin Nuraini. *Validasi Metode Aanc Untuk Pengujian Unsur Mn, Mg Dan Cr Pada Cuplikan Sedimen Di Sungai Gajahwong*. Jurnal Iptek Nuklir Ganendra. Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan BATAN. Vol. 13 No. 1 Januari 2010: 27-36.



- Fitri, Syaiful Bahri dan Nurakhirawati. *Biosorpsi Hg(Ii) Dengan Kulit Buah Kakao (Theobroma Cacao L.) Biosorption Of Hg(Ii) With Cocoa (Theobroma Cacao L.) Fruit Skins*. Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Tadulako. KOVALEN, 2(1):8–13, April 2016 ISSN: 2477-5398.
- Gumelar, dkk. *Pengaruh Aktivator Dan Waktu Kontak Terhadap Kinerja Arang Aktif Berbahan Eceng Gondok (Eichornia Crossipes) Pada Penurunan COD Limbah Cair Laundry*. Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem. Vol. 3 No. 1, Februari 2015.
- Herly, Ielyani. *Analisis Kandungan Logam As, Cd dan Pb dalam Minyak Sumbawa A, B, C dan D*. Jurnal Ilmiah Sains Vol. 14 No. 1, April 2014
- Hidayati, Nurul. *Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator*. Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Vol. 12, No. 1.
- Iis Haryati dan Boybul. *Analisis Unsur Pengotor Fe, Cr dan Ni Dalam Larutan Uranil Nitrat Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom*. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir BATAN. Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir. 2009.
- Indah, Najmi. *Taksonomi Tumbuhan Tingkat Rendah*. Fakultas MIPA IKIP PGRI Jurusan Biologi. Jawa Barat: 2009.
- Joko Fajar Santoso, H. Imam Wahyudi dan Isrun. *Evaluasi Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Beberapa Tanaman Pangan Dan Palawija Di Sekitar Areal Pengolahan Tambang Emas Di Kelurahan Poboya, Kota Palu*. e-J. Agrotekbis 2 (2) : 138-145, April 2014.
- Juhaeti, dkk. *Inventarisasi Tumbuhan Potensial Untuk Fitoremediasi Lahan dan Air Terdegradasi Penambangan Emas*. Laboratorium Fisiologi Stres, Bidang Botani, Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Biologi. Volume 6, Nomor 1 Januari 2005 Halaman: 31-33.
- Kepel, Billy dan Fatimawali. *Penentuan Jenis Dengan Analisis Gen 16srrna Dan Uji Daya Reduksi Bakteri Resistensi Merkuri Yang Diisolasi Dari Feses Pasien Dengan Tambalan Amalgam Merkuri Di Puskesmas Bahu Manado*. Jurnal Kedokteran Yarsi 23 (1) : 045-055 (2015).
- Khopkar, S.M. *Basic Concepts Of Analytical Chemistry*. Terj. Saptorahardjo, A. *Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press. 1990.
- Kosegeran, Altini O, Sendy Rondonuwu, Herny Simbala dan Marhaenus Rumondor. *Kandungan Merkuri Pada Tumbuhan Paku (Diplazium Accedens Blume) Di Daerah Tambang Emas Tatelu-Talawaan, Kabupaten Minahasa Utara*.

Program Studi Biologi FMIPA Universitas Sam Ratulangi Manado. Jurnal Ilmiah Sains Vol. 15 No. 1, April 2015.

Larasati Rininta, Prabang Setyono dan Kusno Adi Sambowo Valuasi. *Ekonomi Eksternalitas Penggunaan Merkuri Pada Pertambangan Emas Rakyat Dan Peran Pemerintah Daerah Mengatasi Pencemaran Merkuri (Studi Kasus Pertambangan Emas Rakyat di Kecamatan Kokap Kulon Progo)*. Program Pascasarjana Ilmu Lingkungan Universitas Sebelas Maret. Jurnal EKOSAINS Vol. IV No. 1 Maret 2012.

Mahmud Marike, dkk. *Fitoremediasi Sebagai Alternatif Pengurangan Limbah Merkuri Akibat Penambangan Emas Tradisional di Ekosistem Sungai Tulabolo Kabupaten Bone Bolango*. Universitas Gorontalo.

Musafira, A. Risman dan Erwin Abdul Rahim. *APLIKASI KULIT PISANG KEPOK (Musa Paradisiaca Formatypica) SEBAGAI ADSORBEN ION MERKURI (Hg)*. Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Tadulako Palu. KOVALEN, 2(1):53-60, April 2016.

Nia N. Susanti Yulia Sukmawardani dan Ida Musfiroh. *Analisis Kalium dan Kalsium pada Ikan Kembung dan Ikan Gabus*. Fakultas Farmasi, Universitas PAdjajaran, Sumedang Jawa Barat. Volume 3, Nomor 1, Februari 2016.

Niswatun Andi Najiah, M. Natsir Djide dan Tri Harianto. *Biosorpsi Logam Merkuri Oleh Lactobacillus Acidophilus Pada Kolom Unggun Tetap: Eksperimen Dan Prediksi Kurva Breakthrough*. Jurnal Niswatun 2015.

Novana, Tri, Sajidan dan Maridi. *Pengembangan Modul Inkuiri Terbimbing Berbasis Potensi Lokal Pada Materi Tumbuhan Lumut (Bryophyta) dan Tumbuhan Paku (Pteridophyta)*. Vol 3, No. II, 2014 (hal 108-122) <http://jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/sains>.

Purnawan, Sandi, Rismawati Sikanna dan Prismawiryanti. *Distribusi Logam Merkuri Pada Sedimen Laut Di Sekitar Muara Sungai Poboya*. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tadulako. Jurnal of Natural Science, Vol. 2 (1). Maret 2013.

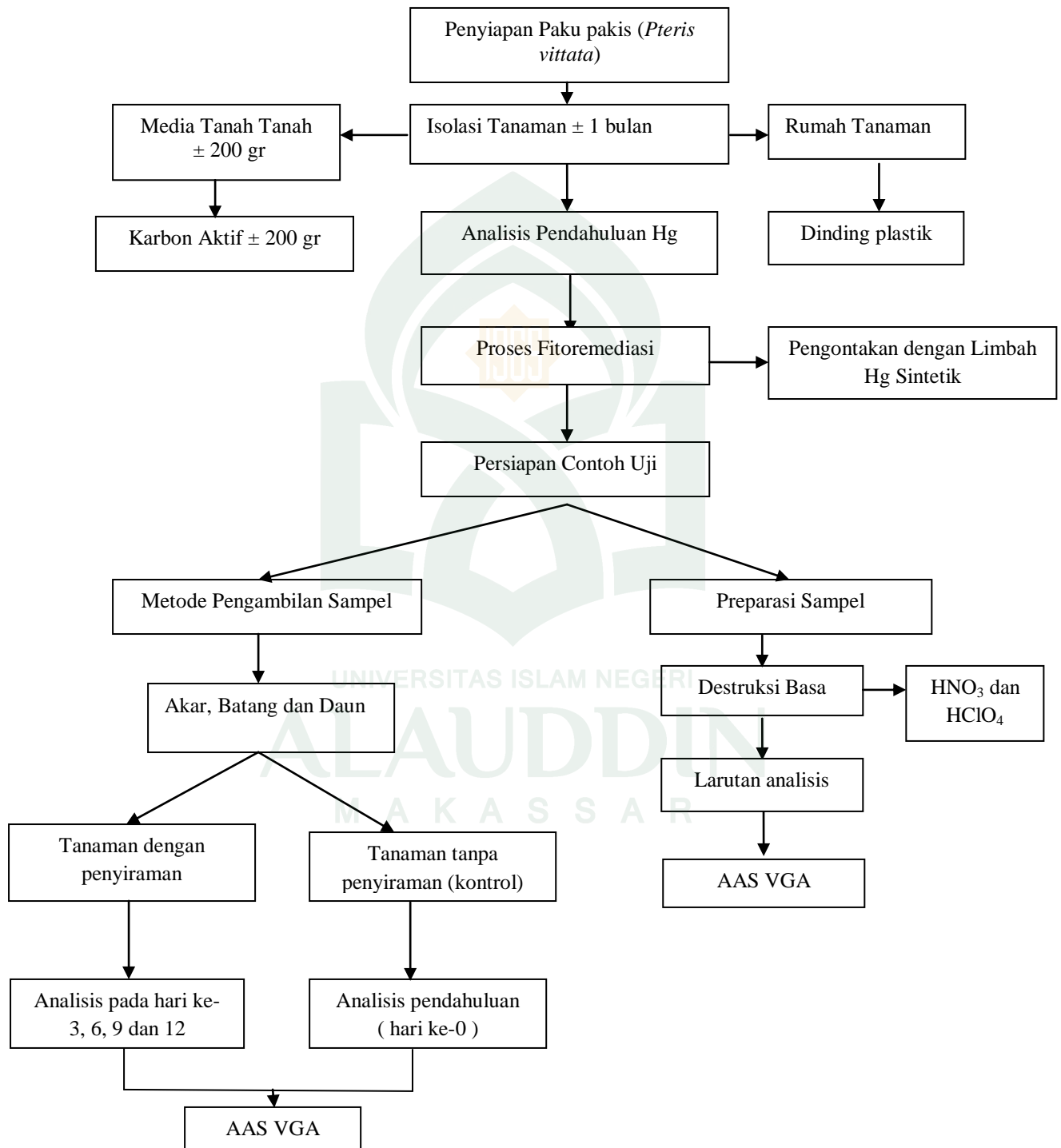
Puspita, dkk. *Kemampuan Tumbuhan Air Sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) Yang Terdapat Pada Limbah Cair Industri Batik*. Berkala Erikanan Terubuk. Februari 2011, hlm 58 –64 Vol. 39. No.1.

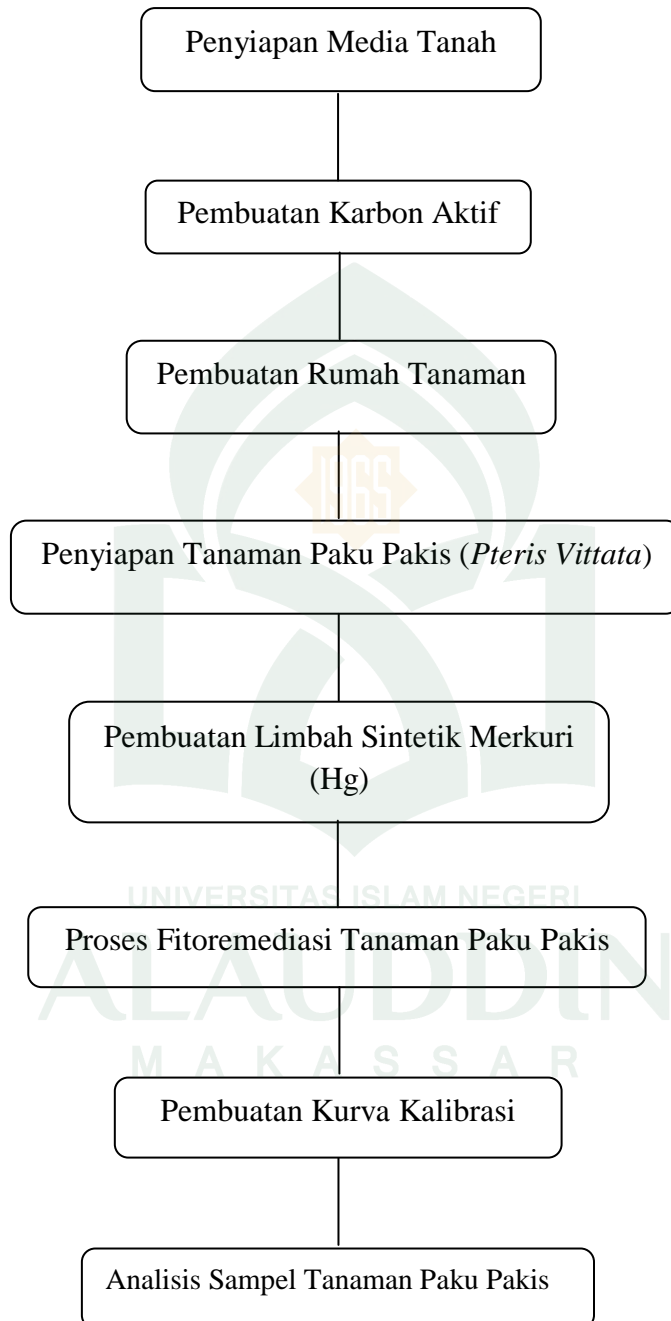
Rananda Vinsiah, Andi Suharman, Desi. *Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Kulit Buah Karet (Hevea brasilliensis)*. Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Sriwijaya. Jurnal Ilmiah vol. I no 3 : 189.

- Ratnani R. D. *Proses Pirolisis Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) Menjadi Karbon Aktif dengan Bahan Pengaktif Natrium Klorida*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang. Vol. 1, No. 1, April 2005 : 5- 10.
- Rondonuwu, Sendy B . *Fitoremediasi Limbah Merkuri Menggunakan Tanaman Dan Sistem Reaktor*. PS Biologi FMIPA Unsrat. Jurnal Ilmiah Sains Vol. 14 No. 1, April 2014.
- Selayar Nur Asia, Sipriana Tumembouw dan Lukas L.J.J Mondoringin. *Telaah Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) Di Sekitar Teluk Manado*. Jurnal Budidaya Perairan Januari 2015 Vol. 3 No. 1: 124-130.
- Setiawan, Tirta. *Biosorpsi Of Heavy Metal Plumbum (Pb) dan Interaksi dengan Protein*. Institut Pertanian Bogor. 2014.
- Shihab, M Quraish. *Tafsir Al\_Misbah Pesan, Kesan dan Keseharian Al-Qur'ān*. Jakarta: Lentera Hati.
- Suhendra, Dedy dan Erin Ryantin Gunawan. *Pembuatan Arang Aktif Dari Batang Jagung Menggunakan Aktivator Asam Sulfat Dan Penggunaannya Pada Penjerapan Ion Tembaga (Ii)*. Makara, Sains, Vol. 14, No. 1, April 2014: 22-26.
- Sulistiyati, Is Purwaningsih. *Pengaruh Penambahan Nutrisi Terhadap Efektifitas Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) Terhadap Limbah Orto-Klorofenol*. Vol. 3, No. 1, 2009 5.
- Syamsidar. *Bahan Kimia Berbahaya Pada Makanan Minuman dan Kosmetik*. Makassar: Alauddin Prees. 2014
- Turmuzy, Muhammad dan Arion Syaputra. *Pengaruh Suhu Dalam Pembuatan Karbon Aktif Dari Kulit Salak (Salacca Edulis) Dengan Impregnasi Asam Fosfat (H3po4)*. Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 4, No. 1 (Maret 2015).
- Widhiastuti, Retno, dkk. "Struktur dan Komposisi Tumbuhan Paku-Pakuan di Kawasan Hutan Gunung Sinabung Kabupaten Karo". *Jurnal Biologi Sumatera*, Vol. B8 No.2, ISSN 190-5537, Juli 2006
- Widyati, Enny. *Kajian Fitoremediasi Sebagai Salah Satu Upaya Menurunkan Akumulasi Logam Akibat Air Asam Tambang Pada Lahan Bekas Tambang Batubara*. Tekno Hutan Tanaman Vol.2 No.2, Agustus 2009, 67 – 75.

## LAMPIRAN

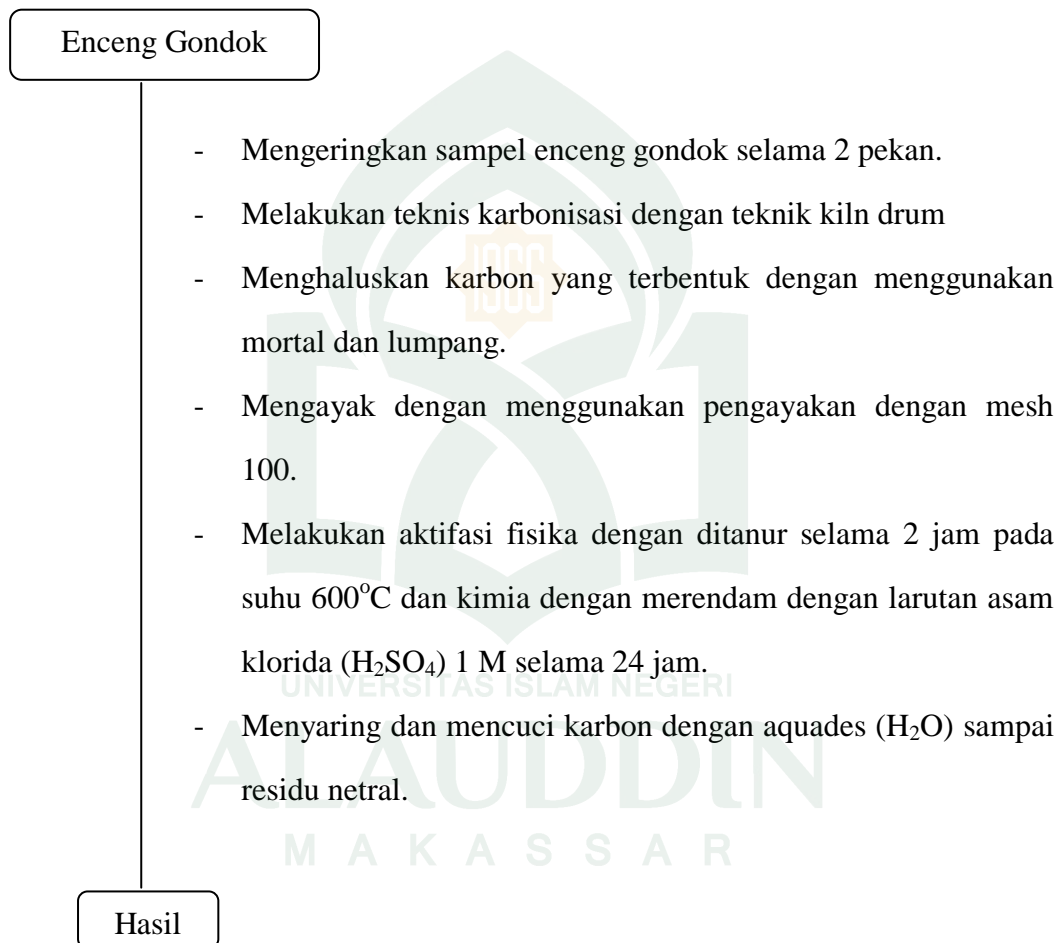
### Lampiran 1. Skema Umum Penelitian

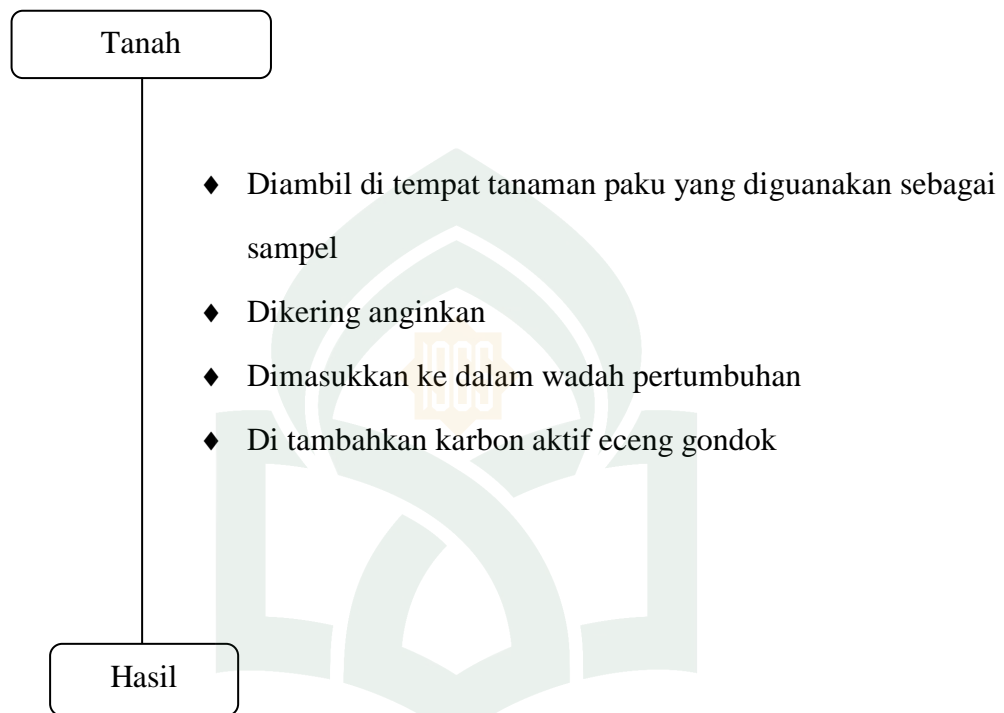


**Lampiran 2 : Skema Penelitian**

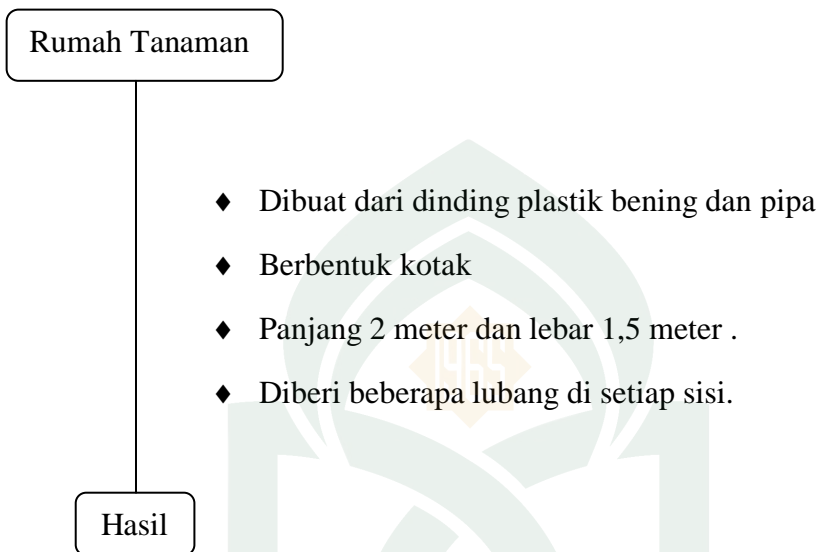
### Lampiran 3. Skema Prosedur Kerja

#### a. Pembuatan Karbon Aktif

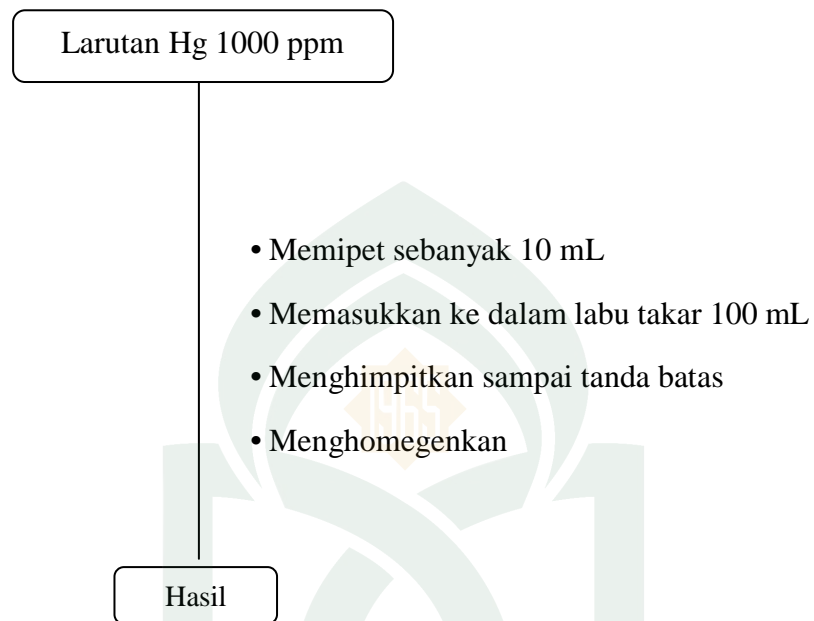


**b. Persiapan Media Pertumbuhan**

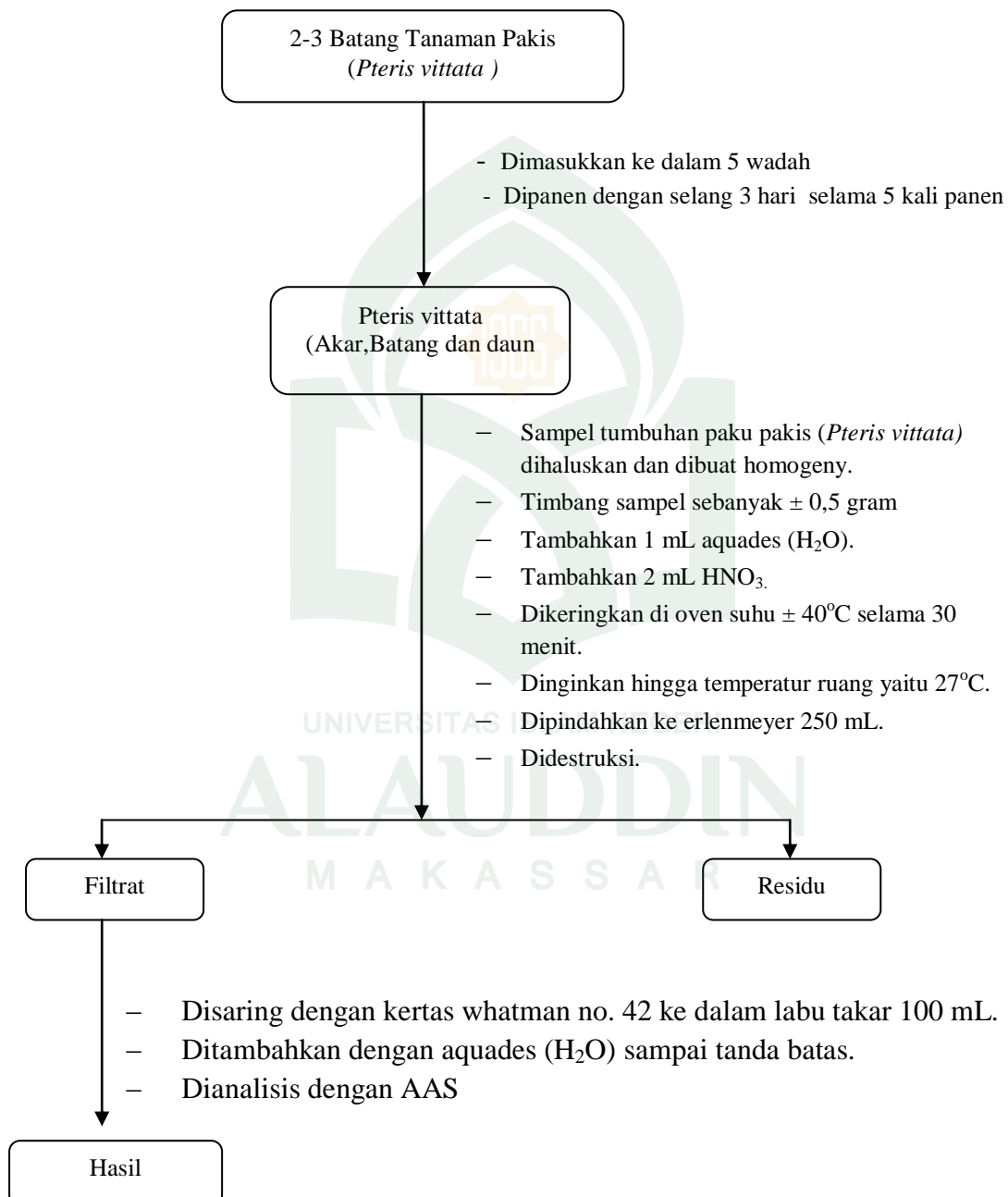
### c. Pembuatan Rumah Tanaman





**d. Skema Pembuatan Limbah Sintetik**

### e. Skema Analisis Sampel



#### Lampiran 4. Analisis Data

##### a). Perhitungan Persamaan Garis Linier

$$y = a + bx$$

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{6 \times (2,88440) - (60) \times (0,1907)}{6 \times 880 - (3600)^2}$$

$$b = \frac{17,0640 - 11,4420}{5280 - 3600}$$

$$b = \frac{5,6220}{1680}$$

$$b = 0,003346$$

$$a = y_{rata-rata} - bx_{rata-rata}$$

$$a = 0,031783 - 0,003346 (10)$$

$$a = 0,031783 - 0,03346$$

$$a = -0,0017$$

**b). Nilai Regresi**

$$R^2 = \frac{n\sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{((n\sum x^2) - (\sum x)^2)((n\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R^2 = \frac{6 \times (2,844) - 60 \times (0,1907)}{\sqrt{((6 \times 880) - (60)^2)((6 \times 0,00921) - (0,1907)^2)}}$$

$$R^2 = \frac{5,622}{\sqrt{(1680) - (0,05526 - 0,036366)}}$$

$$R^2 = \frac{5,622}{\sqrt{(1680)(0,0189)}}$$

$$R^2 = \frac{5,622}{\sqrt{(31,752)}}$$

$$R^2 = \frac{5,622}{5,6348}$$

$$R^2 = 0.997$$

**c). Konsentrasi Merkuri dalam Tanaman**

**(1) Hari Ke – 0**

**Simplo**

$$y = bx - a$$

$$y = 0,0033(x) - 0,0017$$

$$0,0093 \text{ mg/L} = 0,0033x - 0,0017$$

$$0,0033x = 0,0093 \text{ mg/L} + 0,0017$$

$$x = \frac{0,011}{0,0033}$$

$$x = 3,3333 \text{ mg/L}$$

**Duplo**

$$y = bx - a$$

$$y = 0,0033(x) - 0,0017$$

$$0,0089 \text{ mg/L} = 0,0033x - 0,0017$$

$$0,0033x = 0,0089 \text{ mg/L} + 0,0017$$

$$x = \frac{0,0106}{0,0033}$$

$$x = 3,2121 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata} &= \frac{x_1 + x_2}{2} \\ &= \frac{3,3333 + 3,2121}{2} \\ &= \frac{6,5454}{2} \end{aligned}$$

$$= 3,2727 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat (mg) kering Hg} &= \frac{3,2727 \frac{\text{mg}}{\text{L}} + 0,1 \text{ L}}{0,5000 \text{ g}} \\ &= \frac{0,3272 \text{ mg}}{0,0005 \text{ kg}} \\ &= 654,4 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

**(2) Hari Ke – 3****Simplo**

$$y = bx - a$$

$$y = 0,0033(x) - 0,0017$$

$$0,0122 \text{ mg/L} = 0,0033x - 0,0017$$

$$0,0033x = 0,0122 \text{ mg/L} + 0,0017$$

$$x = \frac{0,0139}{0,0033}$$

$$x = 4,2121 \text{ mg/L}$$

**Duplo**

$$y = bx - a$$

$$y = 0,0033(x) - 0,0017$$

$$0,0166 \text{ mg/L} = 0,0033x - 0,0017$$

$$0,0033x = 0,0166 \text{ mg/L} + 0,0017$$

$$x = \frac{0,0183}{0,0033}$$

$$x = 5,5454 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata} &= \frac{x_1 + x_2}{2} \\ &= \frac{4,2121 + 5,5454}{2} \\ &= \frac{9,7575}{2} \end{aligned}$$

$$= 4,8787 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat (mg) kering Hg} &= \frac{4,8787 \frac{\text{mg}}{\text{L}} + 0,1 \text{ L}}{0,5000 \text{ g}} \\ &= \frac{0,4878 \text{ mg}}{0,0005 \text{ kg}} \\ &= 975,6 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

**(3) Hari Ke – 6****Simplo**

$$y = bx - a$$

$$y = 0,0033(x) - 0,0017$$

$$0,0172 \text{ mg/L} = 0,0033x - 0,0017$$

$$0,0033x = 0,0172 \text{ mg/L} + 0,0017$$

$$x = \frac{0,0189}{0,0033}$$

$$x = 5,7272 \text{ mg/L}$$

**Duplo**

$$y = bx - a$$

$$y = 0,0033(x) - 0,0017$$

$$0,0258 \text{ mg/L} = 0,0033x - 0,0017$$

$$0,0033x = 0,0258 \text{ mg/L} + 0,0017$$

$$x = \frac{0,0275}{0,0033}$$

$$x = 8,3333 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata} &= \frac{x_1 + x_2}{2} \\ &= \frac{5,7272 + 8,3333}{2} \\ &= \frac{14,0605}{2} \\ &= 7,0302 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat (mg) kering Hg} &= \frac{7,0302 \frac{\text{mg}}{\text{L}} + 0,1 \text{ L}}{0,5000 \text{ g}} \\ &= \frac{0,7030 \text{ mg}}{0,0005 \text{ kg}} \\ &= 1406 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

**(4) Hari Ke – 9****Simplo**

$$y = bx - a$$

$$y = 0,0033(x) - 0,0017$$

$$0,0278 \text{ mg/L} = 0,0033x - 0,0017$$

$$0,0033x = 0,0278 \text{ mg/L} + 0,0017$$

$$x = \frac{0,0295}{0,0033}$$

$$x = 8,9393 \text{ mg/L}$$

### Duplo

$$y = bx - a$$

$$y = 0,0033(x) - 0,0017$$

$$0,0302 \text{ mg/L} = 0,0033x - 0,0017$$

$$0,0033x = 0,0302 \text{ mg/L} + 0,0017$$

$$x = \frac{0,0319}{0,0033}$$

$$x = 9,6666 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata} &= \frac{x_1 + x_2}{2} \\ &= \frac{8,9393 + 9,6666}{2} \\ &= \frac{18,6059}{2} \\ &= 9,3029 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat (mg) kering Hg} &= \frac{9,3029 \frac{\text{mg}}{\text{L}} + 0,1 \text{ L}}{0,5000 \text{ g}} \\ &= \frac{0,9302 \text{ mg}}{0,0005 \text{ kg}} \\ &= 1860,4 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

### (5) Hari Ke - 12

#### Simplo

$$y = bx - a$$

$$y = 0,0033(x) - 0,0017$$

$$0,0694 \text{ mg/L} = 0,0033x - 0,0017$$

$$0,0033x = 0,0694 \text{ mg/L} + 0,0017$$



$$x = \frac{0,0711}{0,0033}$$

$$x = 21,5454 \text{ mg/L}$$

**Duplo**

$$y = bx - a$$

$$y = 0,0033(x) - 0,0017$$

$$0,0639 \text{ mg/L} = 0,0033x - 0,0017$$

$$0,0033x = 0,0639 \text{ mg/L} + 0,0017$$

$$x = \frac{0,0656}{0,0033}$$

$$x = 19,8787 \text{ mg/L}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{x_1 + x_2}{2}$$

$$= \frac{21,5454 + 19,8787}{2}$$

$$= \frac{41,4241}{2}$$

$$= 20,7120 \text{ mg/L}$$

$$\text{Berat (mg) kering Hg} = \frac{20,7120 \frac{\text{mg}}{\text{L}} + 0,1 \text{ L}}{0,5000 \text{ g}}$$

$$= \frac{2,0712 \text{ mg}}{0,0005 \text{ kg}}$$

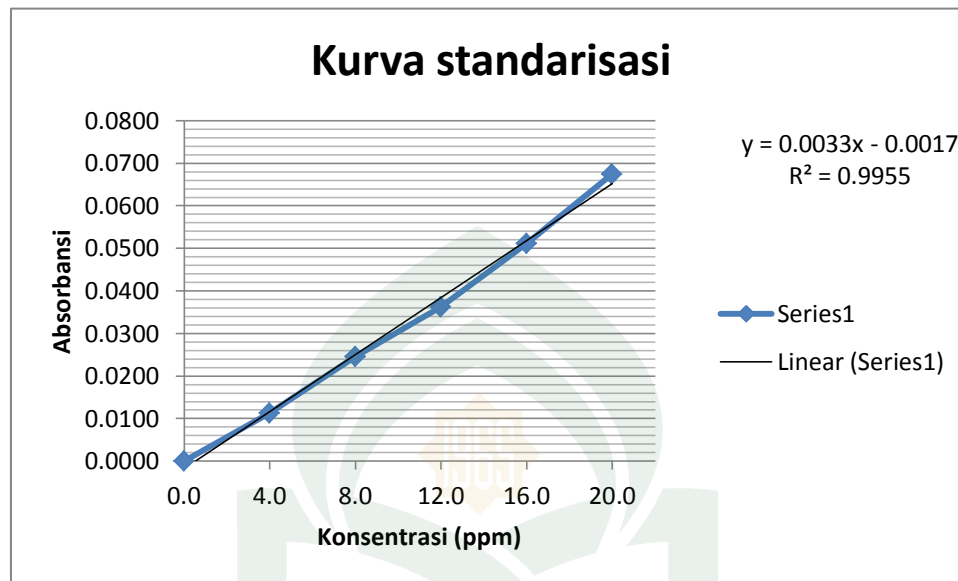
$$= 4142,4 \text{ mg/kg}$$

**c). Tabel Absorbansi Larutan Kontrol**

Variasi Waktu (Hari)	Absorbansi (ppm)		Konsentrasi (mg/L)		Konsentrasi Rata-Rata (mg/L)	Konsentrasi Hg (mg/kg)
	1	2	1	2		
0	0,0061	0,0055	2,3636	2,1818	2,2727	454,4
3	0,0121	0,0100	4,1818	3,5454	3,8686	772,6
6	0,0129	0,0172	4,4242	5,7272	5,0757	1015,14
9	0,0273	0,0284	8,7878	9,1212	8,9545	1790,9
12	0,0660	0,0692	20,5151	21,4848	20,9999	4199,8

**d) Tabel Larutan Standar**

No.	Konsentrasi (x)	Absorbansi (y)	$x^2$	$y^2$	xy
1	0 ppm	0,0000	0	0	0
2	4 ppm	0,0113	16	0,00012769	0,0452
3	8 ppm	0,0246	64	0,00060516	0,1968
4	12 ppm	0,0362	144	0,00131044	0,4344
5	16 ppm	0,0511	256	0,00261121	0,8176
6	20 ppm	0,0675	400	0,00455625	1,35
n = 6	$\Sigma x = 60$	$\Sigma y = 0,1970$	$\Sigma x^2 = 880$	$\Sigma y^2 = 0,0092$	$\Sigma xy = 2,8440$
	$\bar{x} = 10$	$\bar{y} = 0,0328$	$\bar{x}^2 = 146,6666$	$\bar{y}^2 = 0,0015$	$\bar{xy} = 0,4740$

**e) Kurva Larutan Standar**

## Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian



a). Pembuatan rumah tanaman



b). Penjemuran eceng gondok



c). Pembakaran eceng gondok



d). Pengayakan



e). Perendaman karbon dengan asam sulfat



f). Penimbangab Karbon Aktif





g). Pembuatan Limbah Sintetik Merkuri (Hg)



h). Penyiraman limbah sintetik merkuri



Penin

i). Penimbangan sampel tanaman paku



j). Dekstruksi





k). Penghimpitan



l). Pembuatan larutan Standar



m). Analisis dengan AAS



n). Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)

## **BIOGRAFI**



Penulis skripsi berjudul “**Fitoremediasi Tanaman Paku Pakis (*Pteris vittata*) dengan Penambahan Karbon Aktif Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)**” bernama Saiful Akbar, lahir di Pinrang 12 Januari 1994, anak ke-2 dari pasangan Kaco dan Daraisa. Penulis memulai pendidikan di Sekolah Dasar 114 Pinrang pada tahun 2000 s/d tahun 2006. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Pondok Pesantren Syekh Hasan Yamani pada tahun 2006 s/d tahun 2009. Pada tahun 2009, penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas Islam Terpadu Wahdah Islamiyah sampai tahun 2012. Kemudian melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi tepatnya di Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar dengan program study Sains Kimia Fakultas Sains dan Teknologi sampai tahun 2016.

\*Terima Kasih\*

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
**ALAUDDIN**  
M A K A S S A R